

**Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente**

**Contribuição para o estudo dos efeitos do conteúdo de  
fossas sépticas no dimensionamento de reactores  
biológicos de sistemas de lamas activadas**

**Ana Rita Ventura Martins Ferreira**

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil Sanitária

**Orientação Científica:**

**Professor Doutor António Pedro Macedo Coimbra Mano**

Jurí:

Professora Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral (Presidente)

Engenheiro José Manuel Leitão Sardinha (Arguente)

Professor Doutor António Pedro Macedo Coimbra Mano (Vogal)

**Lisboa**

**Abril 2011**



## **Agradecimentos**

O meu primeiro agradecimento não poderia deixar de ser para o meu orientador de tese, o Professor Doutor António Pedro Mano, pela orientação e sugestões ministradas ao longo do desenvolvimento do estudo. Agradeço a disponibilidade, incentivo, acompanhamento e liberdade de acção. Sem eles a conclusão deste trabalho não teria sido possível.

Um agradecimento muito especial ao Eng.º Luís Mamouros e à Dr.ª Sara Antunes por todo o apoio, compreensão e incentivo, vitais para a prossecução deste meu objectivo.

Uma palavra muito especial aos meus colegas de curso, que me acompanharam em muitos dias passados na faculdade, ao frio, à chuva, ao calor. O meu sincero agradecimento, pelo incentivo, cooperação e compreensão, em especial à Cristina, Vânia, Rita, Susana, Ludgero, Ana, Ellen e Taitiana.

A todos os meus amigos que, ao longo do caminho, contribuíram com lufadas de ar fresco e momentos de pura diversão, em particular à Andreia, Pedro, Ricardo, Maria João, Joana. Obrigado pela amizade, boa disposição e energia.

Por fim, aos meus pais e irmão, agradeço tudo. A confiança que depositaram em mim, a paciência, a segurança emocional que me proporcionaram e todo o apoio que me alenta e me torna mais forte para ultrapassar os obstáculos que se atravessam no caminho.



## **Resumo**

As exigências associadas à qualidade do efluente final a descarregar na linha de água têm vindo a ser cada vez maiores, implicando a construção de estações de águas residuais com níveis de tratamento cada vez mais elevados e processos mais complexos.

Nos pequenos aglomerados e habitações isoladas, devido a constrangimentos no acesso a sistemas colectivos de drenagem e de tratamento de efluentes, o investimento associado à construção de estações de tratamento de águas residuais convencionais é muito elevado, verificando-se muitas vezes, que esta é uma opção economicamente insustentável.

Deste modo, a fossa séptica é, ainda hoje, uma opção bastante utilizada para o tratamento de águas residuais de pequenos aglomerados. No entanto, a sua utilização acarreta o encargo do tratamento e deposição final das lamas resultantes dos fenómenos físicos e biológicos que ocorrem no seu interior.

Uma solução que tem vindo a ser utilizada para o tratamento do conteúdo das fossas sépticas é co-tratamento com as águas residuais urbanas em ETAR.

Este estudo tem como objectivo avaliar o impacto da introdução de cargas orgânicas adicionais, associadas ao conteúdo de fossas sépticas, no dimensionamento de reactores biológicos de um processo de lamas activadas em regime de arejamento prolongado. Foi avaliado o seu impacto no volume necessário ao tratamento e nas necessidades de arejamento.

Para este efeito foram analisados seis cenários em que se simulou o efeito da introdução daqueles conteúdos com diferentes concentrações de poluentes, retiradas da literatura disponível, de modo a se avaliar qual seria a gama de valores que melhor se adequaria ao dimensionamento de um tanque de arejamento que servisse populações entre 500 e 15 000 hab.eq..

A análise permitiu concluir que ETAR dimensionadas para servir populações reduzidas possuem capacidade, se bem que limitada, de tratar o conteúdo de fossas sépticas juntamente com os efluentes provenientes da rede de drenagem.

Admite-se que, os resultados obtidos possam contribuir para uma base de selecção de valores de concentração de poluentes associados ao conteúdo de fossas sépticas a adoptar por projectistas e consultores no dimensionamento de ETAR receptoras deste tipo de efluentes.



## **Abstract**

Due to the increasing quality requirements of treated wastewater, the wastewater treatment plants have been presenting treatment levels increasingly higher and more complex processes.

In villages and isolated dwellings, due to constraints on access to collective systems of drainage and wastewater treatment, the cost of implementing a small and decentralized wastewater system makes this solution an economically sustainable option.

Therefore, the septic tank is, still nowadays, a commonly used solution for the wastewater treatment in small villages. However, their use involves the post treatment and disposal of septage, the sludge that results from the physical and biological phenomena that occur inside the tank.

A method that has been usually used in the septage treatment is the co-treatment with domestic wastewater in a wastewater treatment plant.

This study aims to evaluate impact of introducing the additional organic load from septage, in the aeration tank design of a conventional extended aeration activated sludge system. The analyzed parameters include the volume of the aeration tank and the oxygen demand.

Thus took place an analysis of six scenarios, each with different pollutants concentration in the septage from the available literature. The aim of this analysis was to evaluate which range of values would adapt best the design of an aeration tank with design capacity between 500 and 15 000 inhabitants and population equivalents (IPE).

The analysis suggests that wastewater treatment plants, dimensioned to serve small populations, are able to co-treat the septage from septic tanks with the domestic wastewater, even though this capacity is limited.

It is expected that the results could contribute to a basis for value selection heuristics of pollutant concentration in septage, to be used in the design of wastewater treatment plant that co-treat septage with sewage.





## Lista de Símbolos e Abreviaturas

ARH - Administração da Região Hidrográfica;  
C<sub>CBO</sub> - Concentração de CBO afluente ao reator biológico (mg/L);  
Cap - captação de águas de abastecimento (L/hab.dia);  
Cap<sub>LD</sub> -captação de lamas digeridas (L/hab.dia);  
Cap<sub>Lf</sub> -captação de lamas frescas (L/hab.dia);  
CBO<sub>5</sub> - Carência Bioquímica de Oxigénio;  
CQO - Carência Química de Oxigénio;  
e.p. - equivalente populacional;  
ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais;  
EUA - Estados Unidos da América;  
F/M - carga mássica (kg CBO<sub>5</sub>/kg MLVSS.dia);  
f<sub>afl</sub> - factor de afluência à rede de drenagem;  
FSC - Fossas sépticas comunitárias;  
fv - carga volúmica (kg MLVSS/m<sup>3</sup>);  
g - grama;  
hab - habitante;  
IVL - Índice de volume de lamas;  
IVL<sub>D</sub> - Índice de volume de lamas diluído;  
L - litro;  
MLSS - Sólidos suspensos no licor misto (Mixed Liquor Suspended Solids);  
MLVSS - Sólidos suspensos voláteis no licor misto (Mixed liquor Volatile Suspended Solids);  
N total - Azoto total;  
N total Kjeldahl - azoto total Kjeldahl;  
NO - Necessidades de oxigénio (kg O<sub>2</sub>/h);  
OD - Oxigénio dissolvido;  
P<sub>total</sub> - Fósforo total;  
Pop - população (hab);  
Q<sub>afl</sub> - Caudal afluente;  
SST - Sólidos suspensos totais;  
SSV - Sólidos suspensos voláteis;  
td - tempo de digestão de lamas;  
tl - tempo entre limpezas (dias);  
tr - tempo de retenção (dias);  
USEPA - United States Environmental Protection Agency;  
VTA - Volume do tanque de arejamento (m<sup>3</sup>);  
X<sub>CBO</sub> - Carga de CBO<sub>5</sub> (kgCBO<sub>5</sub>/dia)



## Índice de Matérias

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1.	ENQUADRAMENTO DO TEMA .....	1
1.2.	ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO .....	2
1.3.	OBJECTIVOS DO ESTUDO.....	3
<b>2.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA ÁGUA RESIDUAL URBANA DE PEQUENOS AGLOMERADOS.....</b>	<b>7</b>
3.1.	ENQUADRAMENTO.....	7
3.2.	AS ÁGUAS RESIDUAIS PROVENIENTES DE PEQUENOS AGLOMERADOS .....	9
<b>4.</b>	<b>SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM PEQUENOS AGLOMERADOS.....</b>	<b>11</b>
4.1.	ENQUADRAMENTO.....	11
4.2.	ENQUADRAMENTO LEGAL .....	12
4.3.	NÍVEIS DE ATENDIMENTO DE PEQUENOS AGLOMERADOS EM PORTUGAL POR SISTEMAS DE DRENAGEM E DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS .....	13
4.4.	SOLUÇÕES TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS EM PEQUENOS AGLOMERADOS EM PORTUGAL.....	16
<b>5.</b>	<b>FOSSA SÉPTICA .....</b>	<b>21</b>
5.1.	INTRODUÇÃO.....	21
5.2.	DESCRIÇÃO GERAL.....	21
5.3.	FUNCIONAMENTO.....	22
5.4.	CONSIDERAÇÕES DE CONCEPÇÃO DA FOSSA SÉPTICA.....	23
5.4.1.	<i>Enquadramento</i> .....	23
5.4.2.	<i>Configuração da fossa séptica</i> .....	23
5.4.3.	<i>Integridade estrutural</i> .....	26
5.4.4.	<i>Estanquicidade</i> .....	26
5.4.5.	<i>Critérios de Dimensionamento</i> .....	27
5.4.6.	<i>Manutenção da fossa séptica</i> .....	28
<b>6.</b>	<b>SOLUÇÕES DE TRATAMENTO COMPLEMENTAR À FOSSA SÉPTICA .....</b>	<b>31</b>
6.1.	ENQUADRAMENTO.....	31
6.2.	INFILTRAÇÃO NO SOLO .....	31
6.2.1.	<i>Enquadramento</i> .....	31
6.2.2.	<i>Trincheira de infiltração</i> .....	32
6.2.3.	<i>Poço de infiltração</i> .....	33
6.3.	DESCARGA DO EFLUENTE TRATADO NO MEIO HÍDRICO .....	34
6.3.1.	<i>Enquadramento</i> .....	34
6.3.2.	<i>Trincheira filtrante</i> .....	35

6.3.3.	<i>Aterro filtrante</i>	36
<b>7.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DO CONTEÚDO PROVENIENTE DA LIMPEZA DAS FOSSAS SÉPTICAS</b>	<b>39</b>
7.1.	ENQUADRAMENTO	39
7.2.	COMPOSIÇÃO TÍPICA DO CONTEÚDO PROVENIENTE DA LIMPEZA DAS FOSSAS SÉPTICAS	39
<b>8.</b>	<b>TRATAMENTO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS</b>	<b>41</b>
8.1.	ENQUADRAMENTO	41
8.2.	TRATAMENTO CONVENCIONAL DE LAMAS	41
8.2.1.	<i>Enquadramento</i>	41
8.2.2.	<i>Compostagem</i>	41
8.2.3.	<i>Digestão aeróbia</i>	43
8.2.1.	<i>Digestão anaeróbia</i>	44
8.2.2.	<i>Estabilização alcalina</i>	47
<b>9.</b>	<b>TRATAMENTO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS EM ETAR DE SISTEMA DE LAMAS ACTIVADAS: CO-TRATAMENTO COM ÁGUA RESIDUAL PROVENIENTE DA REDE DE DRENAGEM</b>	<b>49</b>
9.1.	ENQUADRAMENTO	49
9.2.	RECEPÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS NA ETAR	50
9.2.1.	<i>Enquadramento</i>	50
9.2.2.	<i>Recepção do conteúdo de fossas sépticas</i>	51
9.2.3.	<i>Pré-tratamento do conteúdo de fossas sépticas</i>	52
9.2.4.	<i>Equalização</i>	56
9.2.5.	<i>Controlo de odores</i>	56
9.3.	INTRODUÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS NA LINHA DE TRATAMENTO DA FASE LÍQUIDA	58
9.3.1.	<i>Enquadramento</i>	58
9.3.2.	<i>Impacte no tratamento primário</i>	60
9.3.3.	<i>Impacte no tratamento biológico</i>	62
9.3.4.	<i>Impacte na linha de tratamento da fase sólida</i>	64
9.4.	INTRODUÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS NA LINHA DE TRATAMENTO DA FASE SÓLIDA	65
9.4.1.	<i>Enquadramento</i>	65
9.4.2.	<i>Introdução na etapa de espessamento</i>	66
9.4.3.	<i>Introdução na etapa de digestão anaeróbia</i>	66
9.4.4.	<i>Introdução na etapa de desidratação</i>	67
<b>10.</b>	<b>SISTEMA DE LAMAS ACTIVADAS</b>	<b>69</b>
10.1.	ENQUADRAMENTO	69
10.2.	FACTORES OPERACIONAIS DO PROCESSO DE LAMAS ACTIVADAS	71
10.2.1.	<i>Sólidos suspensos no licor misto</i>	71
10.2.2.	<i>Carga mássica</i>	72
10.2.3.	<i>Idade de lamas</i>	73

10.2.4.	<i>Índice de volume de lamas (IVL)</i>	73
10.3.	REGIME HIDRÁULICO	74
10.3.1.	<i>Mistura completa</i>	74
10.3.2.	<i>Fluxo Pistão</i>	75
10.4.	REGIME DE FUNCIONAMENTO	76
10.4.1.	<i>Regime contínuo</i>	76
10.4.2.	<i>Regime descontínuo</i>	77
<b>11.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE AREJAMENTO DE UMA ETAR COM RECEPÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS</b>	<b>81</b>
11.1.	ENQUADRAMENTO	81
11.2.	DADOS DE BASE	83
11.2.1.	<i>População</i>	83
11.2.2.	<i>Capitação de água no consumidor, coeficiente de afluência à rede de drenagem e capitação de constituintes da água residual</i>	83
11.2.3.	<i>Caudais e concentrações de cargas orgânicas e sólidos do conteúdo de fossas sépticas</i>	84
11.3.	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE AREJAMENTO	86
11.4.	DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE AREJAMENTO PARA OS CENÁRIOS DEFINIDOS	86
11.4.1.	<i>Descrição geral</i>	86
11.4.2.	<i>Volume do tanque de arejamento</i>	88
11.4.3.	<i>Necessidades de oxigénio</i>	88
11.5.	ANÁLISE DO IMPACTE DA INTRODUÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS NO TANQUE DE AREJAMENTO	89
<b>12.</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS</b>	<b>93</b>
12.1.	ENQUADRAMENTO	93
12.2.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 1	93
12.2.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	93
12.2.1.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	94
12.3.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 2	95
12.3.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	95
12.3.1.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	95
12.4.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 3	96
12.4.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	96
12.4.1.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	97
12.5.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 4	98
12.5.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	98
12.5.1.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	99
12.6.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 5	100

12.6.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	100
12.6.1.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	101
12.7.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 6	102
12.7.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	102
12.7.1.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	102
<b>13.</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>105</b>
13.1.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 1	105
13.1.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	105
13.1.2.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	105
13.2.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 2	106
13.2.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	106
13.2.2.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	107
13.3.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 3	107
13.3.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	107
13.3.2.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	108
13.4.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 4	108
13.4.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	108
13.4.2.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	109
13.5.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 5	109
13.5.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	109
13.5.2.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	110
13.6.	ADOPTANDO OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DO CENÁRIO 6	111
13.6.1.	<i>Impacte no volume do tanque de arejamento</i>	111
13.6.2.	<i>Impacte nas necessidades de oxigénio</i>	111
<b>14.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>113</b>
14.1.	SÍNTESE CONCLUSIVA	113
14.2.	LIMITAÇÕES E POSSIBILIDADES DE DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	115
<b>15.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>121</b>
	ANEXO I – BALANÇO DE MASSAS	123
	ANEXO II – QUADRO DE RESULTADOS	129

## Índice de Figuras

Figura 4.1 – População média anual residente por Município referente ao ano de 2009. ....	14
Figura 4.2 – Índice de drenagem de águas residuais em cada município no ano de 2008 .....	15
Figura 4.3 – Índice de tratamento em cada município (ETAR+FSC) no ano de 2008 .....	16
Figura 4.4 – Localização das fossas sépticas comunitárias (FSC) em Portugal no ano de 2008. ....	17
Figura 4.5 – Localização das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) em Portugal. ....	18
Figura 5.1 – Escoamento do efluente na fossa séptica: (a) com divisória colocada transversalmente, e (b) com divisória colocada longitudinalmente. ....	23
Figura 5.2 – Planta e cortes de uma fossa séptica de 2 compartimentos. ....	24
Figura 5.3 – Planta e corte de uma fossa séptica de três compartimentos. ....	25
Figura 5.4 – Filtro para remoção dos sólidos à entrada da fossa séptica. ....	26
Figura 5.5 – Sondas para medição da espessura da camada de escumas e a profundidade da camada de lamas: (a) sonda em forma de L e (b) sonda de luz. ....	28
Figura 5.6 – Representação da distância mínima ao septo da saída da fossa séptica às camadas de escumas e de lamas. ....	29
Figura 6.1 - Planta e corte de uma trincheira de infiltração. ....	32
Figura 6.2 – Planta e corte de um poço de infiltração. ....	34
Figura 6.3 – Planta e corte de uma trincheira filtrante. ....	36
Figura 6.4 – Planta e corte de um aterro filtrante. ....	37
Figura 8.1 – Exemplos de digestores aeróbios: (a) de operação em batch e (b) de operação em contínuo. ....	43
Figura 8.2 – Configurações de digestores anaeróbios: (a) tronco-cónica e (b) configuração alemã convencional. ....	45
Figura 9.1 – Grade vertical de limpeza automática .....	52
Figura 9.2 – Tamisador de tambor rotativo. ....	53
Figura 9.3 – Desarenador tipo vórtex ou ciclónico. ....	55
Figura 9.4 – Representação esquemática do funcionamento de um biofiltro de desodorização. ....	58
Figura 9.5 – Valores máximos admissíveis para a quantidade de lamas de fossas sépticas a receber numa ETAR de acordo com a sua capacidade de tratamento .....	63
Figura 10.1 – Esquema de funcionamento de um sistema de lamas activadas. ....	70
Figura 10.2 – Diagrama esquemático de um sistema de lamas activadas em mistura completa. ....	75
Figura 10.3 – Diagrama esquemático de um sistema de lamas activadas de fluxo-pistão. ....	76
Figura 10.4 – Fases sequenciais de cada ciclo do processo de SBR .....	78
Figura 12.1 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 1. ....	94
Figura 12.2 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 1. ....	94
Figura 12.3 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 2. ....	95

Figura 12.4 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 2.....	96
Figura 12.5 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 3.....	97
Figura 12.6 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 3.....	98
Figura 12.7 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 4.....	99
Figura 12.8 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 4.....	100
Figura 12.9 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 5.....	101
Figura 12.10 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 5.....	101
Figura 12.11 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 6....	102
Figura 12.12 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 6.....	103



## Índice de Quadros

Quadro 3.1 – Composição típica de uma água residual não tratada. ....	7
Quadro 3.2 – Capitações domésticas de águas residuais.....	8
Quadro 3.3– Intervalos de concentração dos constituintes da água residual em pequenos aglomerados.	9
Quadro 4.1 – Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas. ....	13
Quadro 7.1 – Valores de concentração dos constituintes de lamas provenientes da limpeza de fossas sépticas, segundo vários autores. ....	40
Quadro 10.1 – Componentes do processo de lamas activadas. ....	70
Quadro 11.1 – Valores de população equivalente servida adoptados no estudo. ....	83
Quadro 11.2 – Capitações dos constituintes da água residual admitidas no estudo. ....	84
Quadro 11.3 – Cenários de concentração dos constituintes das lamas provenientes da limpeza de fossas sépticas adoptada no estudo.....	84
Quadro 11.4 – Valores de caudal de lamas provenientes de fossas sépticas afluentes ao tanque de arejamento.....	85
Quadro 11.5 – Valores de caudal médio diário e cargas orgânicas afluentes ao tanque de arejamento para cada valor de população.....	87
Quadro 11.6 – Valores de volume do tanque de arejamento para valor de população equivalente servida referentes à situação de partida.....	88
Quadro 11.7 – Valores de necessidades de oxigénio no tanque de arejamento para cada valor de população equivalente servida referentes à situação de partida.....	89
Quadro 12.1 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 1 .....	93
Quadro 12.2 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 2.....	95
Quadro 12.3 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 3.....	96
Quadro 12.4 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 4.....	98
Quadro 12.5 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 5.....	100
Quadro 12.6 - Valores de concentração admitidos para o Cenário 6. ....	102



## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Enquadramento do tema**

O tratamento de águas residuais em pequenos aglomerados, muitas vezes situados em zonas de características rurais, é actualmente um desafio para as entidades gestoras. As pequenas comunidades, pelas suas características apresentam uma problemática própria no que concerne a drenagem e tratamento de águas residuais.

Tratando-se de comunidades dispersas, não têm, na generalidade, acesso a redes de drenagem ligadas a sistemas de tratamento de águas residuais centralizados. Por outro lado, o facto de não se conseguir aproveitar as vantagens associadas a uma economia de escala, devido à sua dimensão reduzida, trás associados custos de implantação, manutenção e operação por habitante servido incoportáveis.

Existe ainda uma dificuldade acrescida que se prende com a limitada capacidade técnica e económica para a manutenção e exploração de Estações de Tratamento de Águas Residuais convencionais por parte das comunidades locais aliada à falta de técnicos capacitados.

Assim sendo, verifica-se que, actualmente, as fossas sépticas constituem ainda uma solução amplamente utilizada no tratamento das águas residuais de aglomerados populacionais de dimensões reduzidas ou de habitações isoladas uma vez que se apresentam como uma alternativa de baixo custo e de operação simples.

No entanto, apesar da sua operação simples, são necessárias acções de manutenção e limpeza, nomeadamente do tanque de retenção, sendo necessária a remoção periódica do conteúdo. Levanta-se, então, a questão da gestão do conteúdo proveniente da limpeza de fossas sépticas. Quais as características deste material? Qual o seu destino final? Que opções de tratamento se encontram disponíveis?

Nos últimos anos tem-se registado uma tendência de tratar o conteúdo de fossas sépticas em estações de tratamento de águas residuais urbanas, sendo incorporadas na linha de tratamento. No entanto, devido às suas características, principalmente no que se refere à elevada concentração dos seus constituintes, é expectável que a sua introdução na linha de tratamento de uma ETAR acarrete dificuldades de exploração, nomeadamente quando se tratam de instalações de dimensão reduzida.

Com este estudo pretende-se realizar uma análise de sensibilidade aos parâmetros de dimensionamento do reactor biológico de uma ETAR por lamas activadas, funcionando em regime de arejamento prolongado, quando se prevê a introdução do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento.

Esta análise tem como objectivo a avaliação dos efeitos da introdução daqueles efluentes no rector biológico, tendo em conta diferentes concentrações de cargas orgânicas e de sólidos presentes, de modo a poder-se avaliar qual o efeito da sua adopção no dimensionamento de novas ETAR de reduzidas dimensões e da exploração das existentes.

Os resultados obtidos neste estudo poderão contribuir para a selecção de uma faixa de valores de concentração de poluentes associados ao conteúdo de fossas sépticas a adoptar por projectistas e consultores no dimensionamento de ETAR receptoras deste tipo de efluentes.

## **1.2.Organização do documento**

O presente dissertação encontra-se estruturada em treze capítulos. No Capítulo 2 é apresentada a metodologia adoptada para o desenvolvimento do presente estudo.

O Capítulo 3 corresponde a uma breve caracterização quantitativa e qualitativa das águas residuais de pequenos aglomerados populacionais, enquanto que no Capítulo 4 é apresentada uma descrição do saneamento de águas residuais em Portugal, incluindo o seu enquadramento legal e uma caracterização dos níveis de atendimento e das soluções de tratamento que servem as populações de dimensões reduzidas.

No Capítulo 5 apresenta-se uma descrição exaustiva da fossa séptica, incluindo uma descrição do seu funcionamento e dos aspectos relacionados com a sua concepção. As soluções de tratamento complementar a este órgão são detalhadamente descritas no Capítulo 6.

O Capítulo 7 consiste na apresentação das características dos conteúdos provenientes da limpeza de fossas sépticas e por sua vez, o Capítulo 8 refere-se às soluções disponíveis para o seu tratamento.

No que se refere ao Capítulo 9, este é relativo ao caso específico do tratamento dos conteúdos de fossas sépticas em ETAR por processo de lamas activadas, sendo descrito quais os cuidados a ter na recepção deste tipo de efluentes e qual o impacte da sua introdução nas linhas de tratamento líquida e sólida.

O Capítulo 10 é abordado o tema do tratamento das águas residuais por processo de lamas activadas, sendo descritos os seus principais factores operacionais, bem como os diferentes regimes de funcionamento e regimes hidráulicos.

O Capítulo 11 consiste na descrição do dimensionamento do rector biológico de uma ETAR de lamas activadas a funcionar em regime de baixa carga, quais os dados de base e critérios de dimensionamento adoptados neste estudo e uma descrição dos cálculos efectuados na análise.

No Capítulo 12 apresentam-se os resultados obtidos na análise de sensibilidade efectuada aos parâmetros de dimensionamento de uma ETAR de lamas activada e receptora do conteúdo de fossas sépticas.

O Capítulo 13 consiste na análise dos resultados apresentados no capítulo anterior.

No Capítulo 14 apresentam-se as considerações finais relativas ao estudo realizado, e indicam-se algumas limitações do estudo e recomendações de desenvolvimentos futuros no âmbito deste estudo.

Por fim, as referências bibliográficas consultadas, que serviram de apoio teórico ao estudo, encontram-se no Capítulo 15.

### **1.3.Objectivos do estudo**

O objectivo principal do estudo é a análise do efeito da introdução das cargas orgânicas associadas ao conteúdo das fossas sépticas em reactores biológicos de processos de lamas activadas de reduzidas dimensões.

Pretende-se, assim, avaliar quais as consequências que as cargas adicionais irão ter sobre o volume do tanque de arejamento e sobre as necessidades de arejamento, adoptando valores de concentração de cargas existentes na literatura disponível.

Pretende-se que os resultados obtidos neste trabalho possam constituir um apoio à decisão na escolha de faixas de valores de concentração de poluentes associados aos conteúdos de fossas sépticas no dimensionamento de ETAR que recebam este tipo de efluentes.



## **2. METODOLOGIA**

De modo a que os objectivos propostos fossem atingidos, o trabalho foi estruturado nas seguintes fases:

### **Fase 1 – Revisão bibliográfica.**

Nesta primeira fase foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre assuntos relevantes ao tema, nomeadamente a legislação aplicável ao tratamento de águas residuais em pequenos aglomerados, a concepção, funcionamento e problemas operacionais das fossas sépticas, as soluções de tratamento aplicáveis aos conteúdos de fossas sépticas e o tratamento de águas residuais em processo de lamas activadas. Uma grande componente desta pesquisa bibliográfica foi pesquisa de informação sobre as características das lamas provenientes de fossas sépticas de modo a tentar reunir dados de concentração de poluentes que fossem aplicáveis a este estudo.

### **Fase 2 – Selecção dos dados de base, critérios de dimensionamento e dos valores de concentração constantes na literatura.**

Para o cumprimento dos objectivos propostos, seleccionaram-se os dados de base e os valores de concentração de poluentes nos conteúdos fossas sépticas constantes em estudos e relatórios que foram analisados na fase de pesquisa bibliográfica. Foram também definidos os dados de base que iriam alimentar a nota de cálculo de balanço de massas, bem como os critérios de dimensionamento do tanque de arejamento.

### **Fase 3 – Construção e calibração da nota de cálculo de balanço de massas e de dimensionamento do tanque de arejamento.**

Esta fase consistiu na construção da nota de cálculo que serve de base a toda a análise efectuada e na alimentação desta com os dados definidos na fase anterior. Posteriormente foi realizada a sua calibração de acordo com pesquisado na fase 1.

### **Fase 4 – Análise dos resultados.**

Nesta fase foram analisados os resultados obtidos após o correr da nota de cálculo desenvolvida na fase anterior.

### **Fase 5 – Redacção da dissertação.**





### 3. CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA ÁGUA RESIDUAL URBANA DE PEQUENOS AGLOMERADOS

#### 3.1. Enquadramento

Todas as comunidades produzem resíduos sólidos e líquidos. O resíduo líquido, a denominada água residual, resulta do conjunto, da água de abastecimento depois da sua utilização em qualquer tipo de aplicação, com água proveniente de origens naturais. Desta forma, pode-se definir água residual como a combinação dos resíduos líquidos retirados das habitações, instituições, estabelecimentos comerciais e indústria podendo também estar associados com água subterrânea, superficial ou pluvial (Metcalf & Eddy, 2003).

As características das águas residuais diferem muito consoante a sua origem. Existem águas que apresentam características essencialmente domésticas, cuja proveniência consiste particularmente de instalações sanitárias, cozinhas, lavagens de roupa e afins, caracterizando-se por conterem quantidades significativas de matéria orgânica e por se biodegradarem facilmente, mantendo relativamente constantes as suas características ao longo do tempo.

Por outro lado, as águas residuais provenientes da actividade industrial (águas residuais industriais) caracterizam-se pela grande variedade dos seus constituintes, uma vez que a sua composição se encontra directamente relacionada com a actividade industrial específica de cada caso (Metcalf & Eddy, 2003).

No Quadro 3.1 apresenta-se a composição típica de uma água residual urbana não tratada.

**Quadro 3.1 – Composição típica de uma água residual não tratada. (adaptado de: Metcalf & Eddy, 2003)**

Parâmetro	Unidade	Tipo de água Residual		
		Forte <sup>(1)</sup>	Média <sup>(2)</sup>	Fraca <sup>(3)</sup>
SST	mg/L	400	210	120
CBO <sub>5</sub>	mg/L	350	190	110
CQO	mg/L	800	430	250
N total	mg/L	70	40	20
P total	mg/L	12	7	4
Óleos e Gorduras	mg/L	100	90	50
Coliformes totais	NMP/100 mL	$10^7 - 10^{10}$	$10^7 - 10^9$	$10^6 - 10^8$
Coliformes fecais	NMP/100 mL	$10^5 - 10^8$	$10^4 - 10^6$	$10^3 - 10^5$

(1) Tendo em conta uma captação de água residual de 240 L/hab.dia.

(2) Tendo em conta uma captação de água residual de 460 L/hab.dia;

(3) Tendo em conta uma captação de água residual de 750 L/hab.dia;

Da análise do Quadro 3.1 verifica-se que as águas residuais urbanas apresentam uma gama alargada de valores para cada um dos seus constituintes. A concentração de cada um deles depende essencialmente da origem da água residual, da capitação de água de abastecimento no consumidor e da infiltração de água de origem natural na rede de drenagem.

Chama-se atenção para o facto de as concentrações indicadas no Quadro 3.1 terem em conta valores de capitação de água residual muito elevados, que não têm grande aplicabilidade no caso português.

De facto, segundo INSAAR (2010), verifica-se que os valores para a capitação de águas residuais domésticas em Portugal variam entre 125 e 344 L/hab.dia, para o caso da estimativa de capitação de águas residuais tendo em conta apenas a população residente, e entre 126 e 197 L/hab.dia, para a estimativa de capitação tendo em conta a população residente e flutuante, conforme se pode constatar pelo Quadro 3.2.

**Quadro 3.2 – Capitações domésticas de águas residuais. (adaptado de: INSAAR, 2010)**

<b>Regiões Hidrográficas</b>	<b>Capitação calculada com base na população residente (L/hab.dia)</b>	<b>Capitação calculada com base na população flutuante (L/hab.dia)</b>
<b>Continente</b>	<b>171</b>	<b>156</b>
Minho e Lima (RH 1)	152	140
Cávado, Ave e Leça (RH 2)	174	170
Douro (RH 3)	130	127
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste (RH 4)	206	180
Tejo (RH 5)	160	154
Sado e Mira (RH 6)	125	114
Guadiana (RH 7)	174	149
Ribeiras do Algarve (RH 8)	344	181
Açores (RH 9)	128	126
Madeira (RH 10)	214	197
<b>Nacional</b>	<b>172</b>	<b>157</b>

Tendo em conta as capitações indicadas no Quadro 3.2, será de esperar que as concentrações de cada um dos constituintes da água residual doméstica se aproximem dos valores para o caso de uma água residual forte, apresentados no Quadro 3.1.

### 3.2.As águas residuais provenientes de pequenos aglomerados

As características dos efluentes gerados em pequenos aglomerados populacionais diferem significativamente dos produzidos em aglomerados de grandes dimensões, como consequência directa das diferenças das actividades socioeconómicas.

Quanto menor a dimensão do aglomerado, maiores serão as variações de caudal das águas residuais geradas. Por exemplo, poderá assistir-se a casos em que, nas primeiras horas da manhã os caudais são praticamente nulos, e os caudais de ponta superam em oito vezes o caudal médio diário.

Verifica-se também que os efluentes gerados nas pequenas comunidades apresentam uma maior concentração dos seus constituintes. Este facto é resultado de as capitações de água no consumidor serem mais baixas, face ao que se regista no caso de populações mais elevadas (DEPURANAT - Interreg III-B, 2006).

No Quadro 3.3 apresentam-se as faixas de concentração dos principais parâmetros que caracterizam as águas residuais geradas em aglomerados de pequenas dimensões.

**Quadro 3.3– Intervalos de concentração dos constituintes da água residual em pequenos aglomerados. (Fonte: DEPURANAT - Interreg III-B, 2006)**

Parâmetro	Intervalo de valores <sup>(a)</sup>
SST	300-500
CBO <sub>5</sub>	400-600
CQO	800-1200
N total	50-100
P total	10-20
Óleos e Gorduras	50-100
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>

<sup>(a)</sup> Unidades em mg/L, excepto para Coliformes Totais.

Os valores constantes no Quadro 3.3 deverão apenas ser considerado como indicativos, dado que no caso de pequenas povoações as características das águas residuais variam bastante de local para local, pois registam-se actividades socioeconómicas bastante distintas.



## **4. SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM PEQUENOS AGLOMERADOS**

### **4.1. Enquadramento**

As pequenas comunidades, pela sua localização e características próprias, apresentam uma problemática específica que dificulta a disponibilização de serviços de drenagem e de tratamento de águas residuais, destacando-se (DEPURANAT - Interreg III-B, 2006):

- Acessibilidade difícil ou mesmo nula a grandes redes de drenagem, ligadas a sistemas de tratamento convencional centralizados, devido à distância a estes sistemas ou devido à orografia complexa;
- Os efluentes tratados deverão obedecer, na maioria dos casos, a normativas de descarga estritas quando se trata de áreas sensíveis. Como já foi referido anteriormente, os efluentes provenientes de pequenos aglomerados apresentam concentrações algo elevadas dos seus constituintes, pelo que o nível de tratamento terá de ser bastante exigente para que os objectivos de concentração de descarga sejam cumpridos;
- O facto de não se conseguir aproveitar as vantagens consequentes de uma economia de escala, devido à dimensão reduzida, irá implicar custos de implantação, manutenção e operação por habitante servido incompressíveis;
- A escassa capacidade técnica e económica para a manutenção e exploração de Estações de Tratamento de Águas Residuais convencionais por parte das comunidades locais aliada à falta de técnicos capacitados.

Pelas razões apresentadas, aquando da selecção da solução de tratamento de águas residuais para aglomerados com estas características dever-se-á dar prioridade a tecnologias que:

- Apresentem um consumo energético mínimo ou mesmo nulo;
- Necessitem de uma manutenção e exploração muito simples;
- Garantam um funcionamento eficaz e estável face a grandes oscilações de caudal e de carga orgânica a tratar;
- Simplifiquem e minimizem a gestão das lamas geradas nos processos de tratamento.

## 4.2. Enquadramento legal

Ao longo do tempo tem havido uma crescente preocupação com a degradação do meio ambiente, consequência de um tratamento insuficiente das águas residuais. Neste sentido foram delineadas medidas de correcção e prevenção a nível comunitário e desta preocupação nasceu um conjunto de directivas comunitárias que pretendem reger a descarga de águas residuais, bem como a gestão de lamas provenientes de ETAR.

Uma vez que o trabalho desenvolvido foca essencialmente as tecnologias de tratamento de águas residuais de pequenos aglomerados, será relevante que se analise a legislação em vigor nesse sentido.

A legislação europeia aplicável ao tratamento de águas residuais urbanas é a Directiva nº 91/271/CEE, que foi transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho (entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º 149/2004 de 22 de Junho e Decreto-Lei n.º 198/2008 de 8 de Outubro).

Uma das disposições centrais da Directiva nº 91/271/CEE é a obrigatoriedade dos Estados-membros de garantirem que, a um sistema de drenagem de águas residuais esteja associado um sistema de tratamento dessas mesmas águas residuais, de modo a que no momento da descarga no meio receptor, a água residual tratada se encontre em conformidade com os requisitos de qualidade definidos.

Neste sentido, o Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho estabelece no seu Artigo 8º que "as descargas de águas residuais urbanas provenientes de aglomerados com um e.p. inferior a 2000 efectuadas em águas doces e estuários, bem como as descargas provenientes de aglomerados com um e.p. inferior a 10000 efectuadas em águas costeiras" sejam sujeitas a um "tratamento apropriado". A definição de tratamento apropriado constante neste Decreto-lei é: "o tratamento das águas residuais urbanas por qualquer processo e/ou por qualquer sistema de eliminação que, após a descarga, permita que as águas receptoras satisfaçam os objectivos de qualidade que se lhes aplicam". No entanto este tratamento apropriado deverá ser concretizado se existir uma rede de drenagem das águas residuais.

Contudo, o número 3 do artigo 4º do Decreto-Lei supracitado estabelece que se a implementação de um sistema de drenagem não se justificar "por não trazer qualquer vantagem ambiental ou por ser excessivamente oneroso, pode a entidade licenciadora autorizar a utilização de sistemas individuais ou outros adequados que proporcionem o mesmo grau de protecção ambiental".

É importante referir que em nenhum dos documentos legais já referidos se encontram definidos os requisitos de tratamento de águas residuais de aglomerados com e.p. inferiores a 2000 (Sardinha, 2002).

A fixação destes requisitos fica a cargo das entidades que licenciam a descarga – Administração da Região Hidrográfica (ARH) – que terá de considerar os objectivos de qualidade definidos para os meios receptores dessas águas residuais (Sardinha, 2002).

Assim, verifica-se muitas vezes que, para pequenos aglomerados, a ARH exige o cumprimento dos objectivos de qualidade do efluente tratado que normalmente seriam exigidos a instalações com capacidade de tratamento superior a 2000 e.p.

Neste sentido, poderá verificar-se que os requisitos aplicáveis a uma dada instalação sejam mais rigorosos que os apresentados no Quadro 4.1, que correspondem aos requisitos constantes nos quadros nº1 e nº 2 do Anexo I do Decreto-Lei nº 152/97, "a fim de garantir que as águas receptoras satisfaçam as condições estabelecidas por qualquer outra directiva aplicável ou sempre que seja necessário respeitar os objectivos de qualidade fixados para o meio receptor pela legislação vigente" (Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho; Decreto-Lei n.º 149/2004 de 22 de Junho; Decreto-Lei n.º198/2008 de 8 de Outubro).

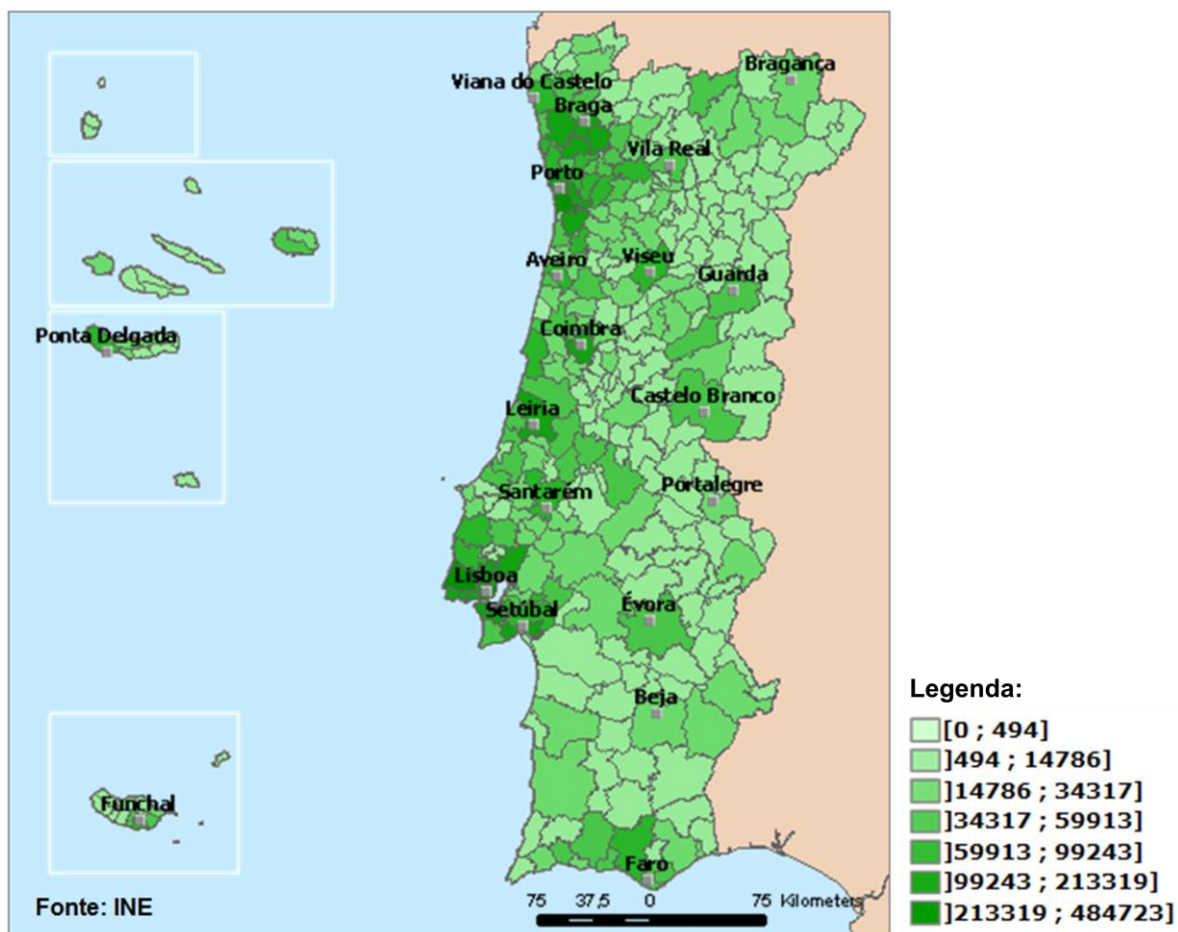
**Quadro 4.1 – Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas.**  
(Adaptado do Anexo I do Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho)

Parâmetro	Limite de concentração
CBO <sub>5</sub>	25 mg/L de O <sub>2</sub>
CQO	125 mg/L de O <sub>2</sub>
SST	35 mg/L de O <sub>2</sub>
N total <sup>(1)</sup>	15 mg/L de N (10 000 – 100 000 e.p.) 10 mg/L de N (mais de 100 000 e.p.)
P total <sup>(1)</sup>	2 mg/L de P (10 000 – 100 000 e.p.) 1 mg/L de P (mais de 100 000 e.p.)

(1) Apenas no caso de descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas em zonas sensíveis

#### **4.3.Níveis de atendimento de pequenos aglomerados em Portugal por sistemas de drenagem e de tratamento de águas residuais**

De modo a perceber-se, na generalidade, qual o nível de atendimento por sistemas de drenagem e de tratamento de águas residuais em pequenos aglomerados, é necessário ter uma ideia de qual a sua distribuição no território nacional. Nesse sentido, na Figura 4.1 apresenta-se a população média anual residente por município, no ano de 2009.

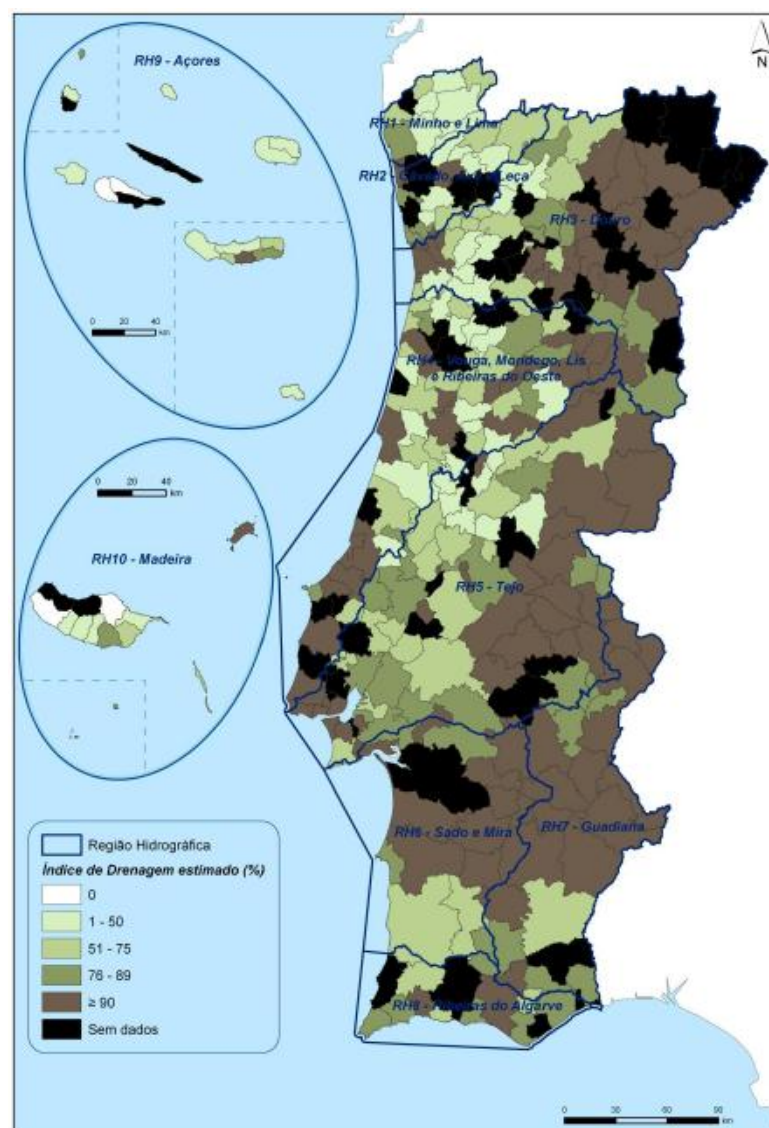


**Figura 4.1 – População média anual residente por Município referente ao ano de 2009. [fonte: (INE, 2010)]**

Da análise da Figura 4.1 verifica-se que em Portugal existem municípios cuja população residente é muito baixa e que estes se localizam sobretudo no interior do país, principalmente no Alentejo, área interior do agregado da Beira Baixa com a Beira Litoral (Beira Interior) e também algumas zonas de Trás-os-Montes, Minho e Beira Alta.

Na Figura 4.2 apresenta-se o índice de drenagem de águas residuais para cada concelho, que consiste num parâmetro que traduz a percentagem de população servida por sistemas de drenagem de águas residuais (INSAAR, 2010).





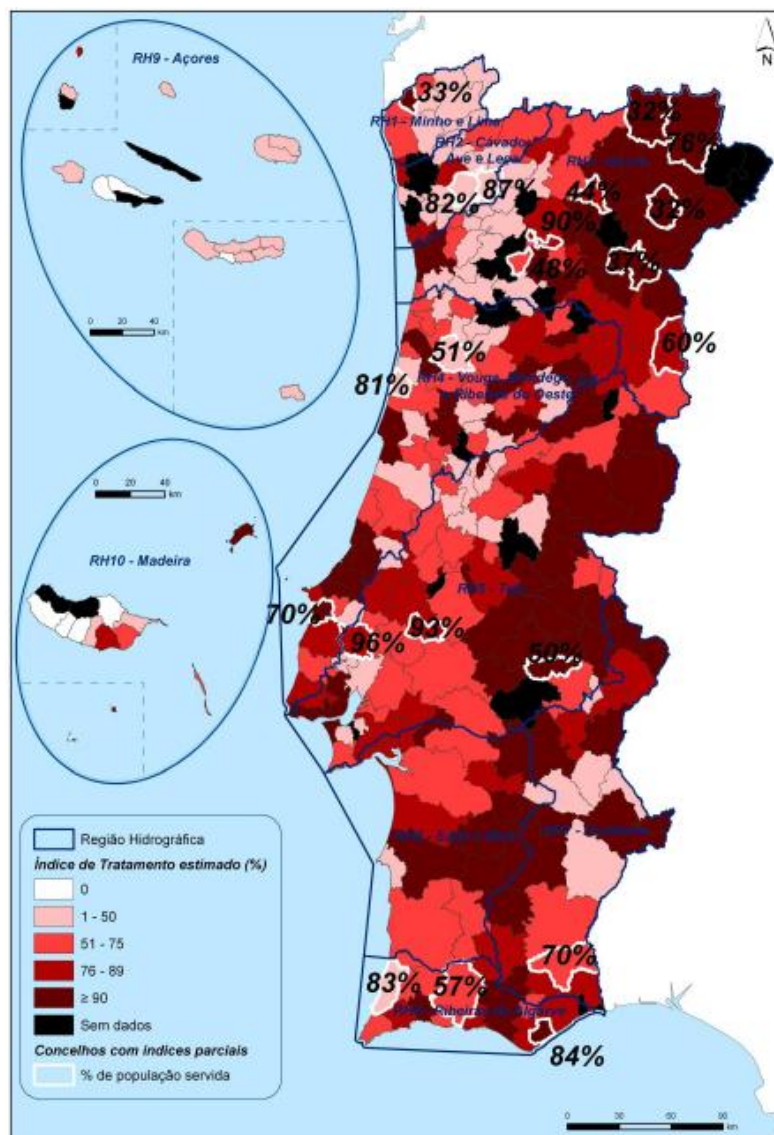
**Figura 4.2 – Índice de drenagem de águas residuais em cada município no ano de 2008 [fonte: (INSAAR, 2010)].**

Em Portugal os concelhos que apresentam menor índice de drenagem de águas residuais situam-se no litoral norte e no centro do território continental e também nos Açores, nomeadamente nas ilhas do Pico, São Jorge e Faial.

Verifica-se ainda que, na zona centro do país, junto da Beira Litoral, Beira Baixa e no Minho os concelhos com o menor número de população residente apresentam níveis de atendimento mais baixos. No entanto, esta constatação não poderá ser tomada como regra para os restantes casos, uma vez que se verifica que no Alentejo os concelhos com uma população residente muito baixa apresentam níveis de atendimento bastante elevados.

O índice de tratamento é um parâmetro que avalia população servida por sistemas de tratamento de águas residuais, sejam estes ETAR ou fossas sépticas comunitárias (FSC).

Na Figura 4.3 estão representados os índices de tratamento para cada um dos municípios.



**Figura 4.3 – Índice de tratamento em cada município (ETAR+FSC) no ano de 2008 [fonte: (INSAAR, 2010)]**

Da análise comparativa da Figura 4.2 e da Figura 4.3 verifica-se que, de um modo geral, os municípios com índice de drenagem de águas residuais mais baixos apresentam índices de tratamento muito reduzidos, o que seria de esperar.

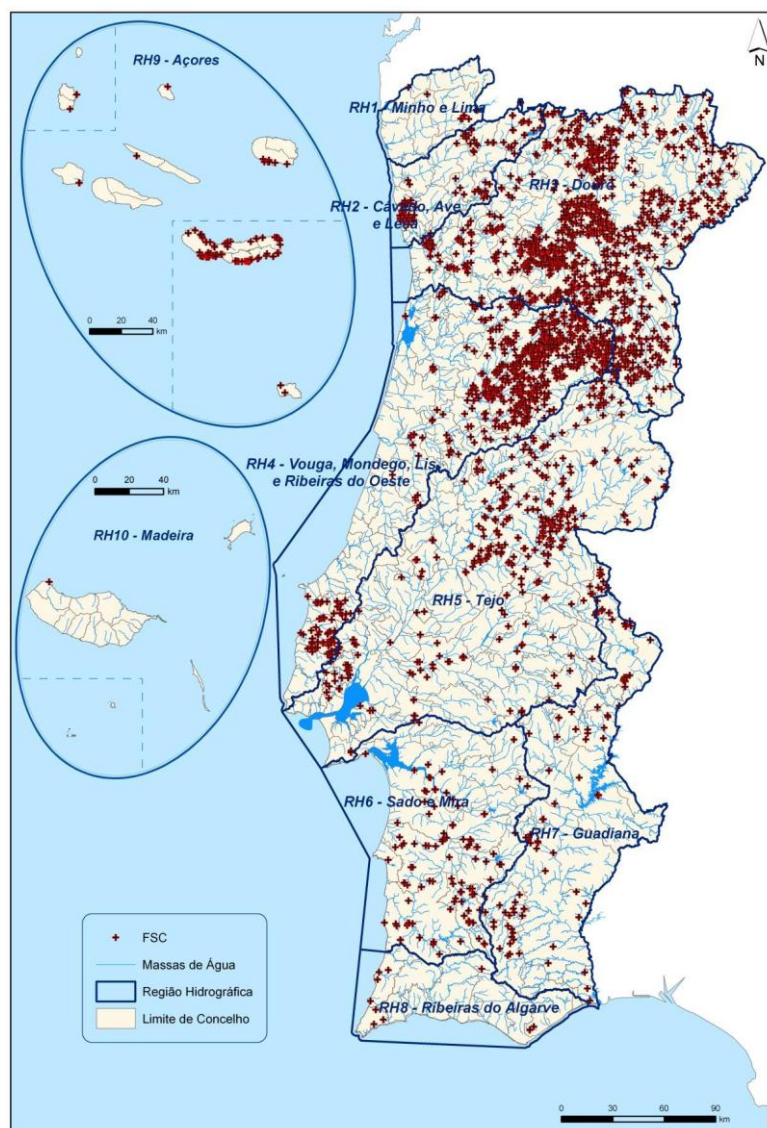
#### **4.4.Soluções tratamento de águas residuais domésticas em pequenos aglomerados em Portugal**

Em Portugal uma das soluções mais amplamente utilizadas para o tratamento das águas residuais em pequenos aglomerados populacionais são as fossas sépticas, não só individuais como comunitárias (FSC), que promovem o tratamento do efluente

proveniente de uma pequena comunidade. Uma descrição mais pormenorizada das características das fossas sépticas será feita no capítulo 5.

Segundo INSAAR (2010), em 2009 cerca de 4% da população residente em Portugal Continental, atendida por sistemas de tratamento encontrava-se servida por FSC. Relativamente aos Açores e Madeira verifica-se que a percentagem de FSC no universo das instalações de tratamento de águas correspondia a aproximadamente 37% e 0%, respectivamente.

Na Figura 4.4 apresenta-se a localização das FSC em Portugal no ano de 2008.



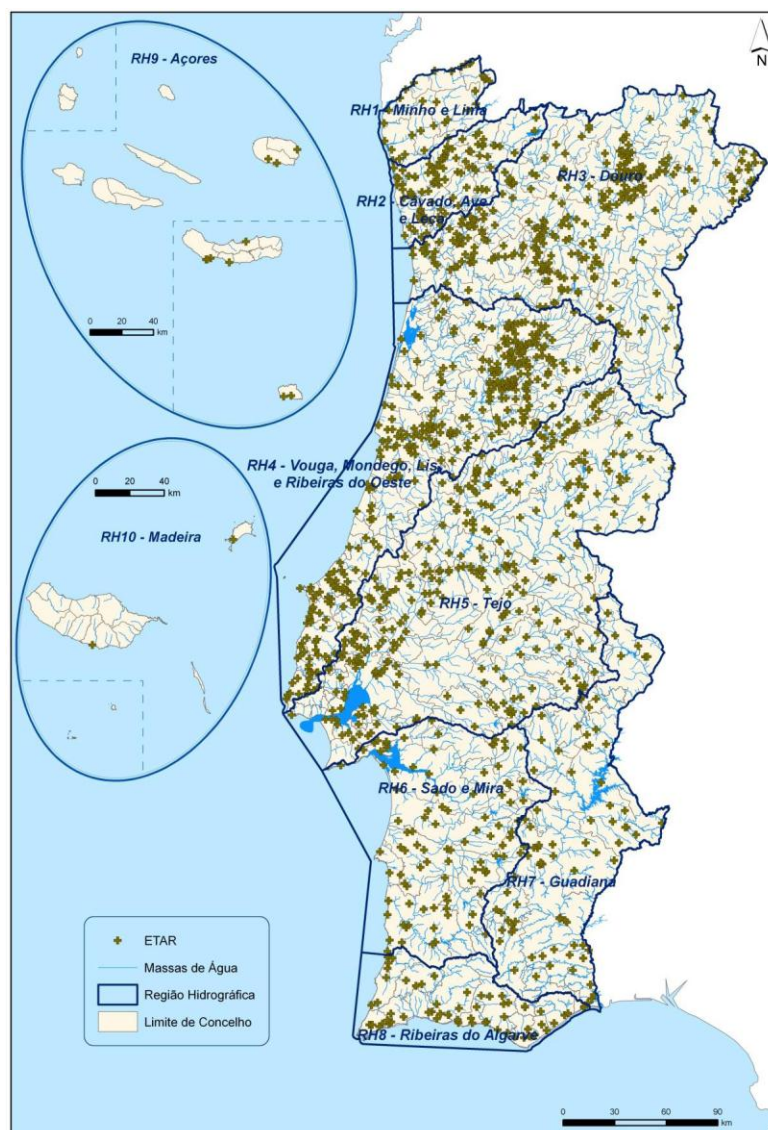
**Figura 4.4 – Localização das fossas sépticas comunitárias (FSC) em Portugal no ano de 2008 [fonte: (INSAAR, 2010)].**

Conforme se pode observar, a Figura 4.4 ilustra uma grande concentração de FSC nas zonas da Beira-Alta, Trás-os-Montes e centro da Beira Interior. Comparando a Figura 4.4 com a Figura 4.3, constata-se que estas zonas apresentam um índice de tratamento razoável, querendo isto dizer que as FSC são um grande contributo para o índice de



tratamento em zonas de difícil acesso em aglomerados de reduzida dimensão e de elevada dispersão.

Com o objectivo de se comparar a dispersão das FSC com a localização das restantes estações de tratamento de águas residuais (ETAR), apresenta-se de seguida a Figura 4.5.



**Figura 4.5 – Localização das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) em Portugal [fonte: (INSAAR, 2010)].**

No que se refere à localização das ETAR verifica-se, através da Figura 4.5, que existe uma maior concentração da zona litoral, quer no norte do país, quer mais a sul. No entanto é evidente uma maior dispersão, quando comparada com a localização das FSC.

É de realçar o facto de, na zona centro da Beira Interior existir um grande número de ETAR, facto que coincide com a informação retirada da Figura 4.3, que retrata o índice de tratamento em Portugal.

O facto de existir uma grande concentração de ETAR na zona supracitada, bem como em Trás-os-Montes e Alto Douro, é indicativo de que estas instalações são de pequenas dimensões, uma vez que se tratam de zonas com densidades populacionais algo reduzidas, (conforme se pode verificar pela Figura 4.1) e de orografia complexa.

As soluções de tratamento com mais expressão em ETAR de aglomerados de pequenas dimensões em Portugal são as lamas activadas, os leitos percoladores, a lagunagem e leitos de macrófitas.



## **5. FOSSA SÉPTICA**

### **5.1.Introdução**

As fossas sépticas são instalações de tratamento primário aplicadas a habitações individuais ou a comunidades de pequenas dimensões desprovidas de sistemas colectivos de recolha e tratamento de águas residuais.

Foi a primeira instalação idealizada para o tratamento de águas residuais domésticas e remonta a 1860, resultado do trabalho de Mouras em França (Crites & Tchobanoglous, 1998) e é, ainda nos dias de hoje, amplamente utilizada. O seu sucesso deve-se principalmente ao facto de ser uma instalação de tecnologia simples, compacta e que requer pouca manutenção. Para além disso, não exige técnicas construtivas nem equipamentos especiais, não sendo também exigente ao nível de operação.

As fossas podem ser prefabricadas e funcionam como um tanque de clarificação de efluente, digestor anaeróbio e tanque de armazenamento de lamas.

Uma fossa séptica seguida de um sistema de absorção no solo constitui o que é conhecido como um sistema individual convencional de tratamento de águas residuais. Este tipo de instalações tem um papel fundamental na gestão das águas residuais em pequenos aglomerados, sendo uma excelente solução individual (Crites & Tchobanoglous, 1998).

Uma vez que este tipo de instalação apenas promove um nível de tratamento primário, é necessário preconizar-se uma etapa de tratamento complementar, que eleve o nível de tratamento a níveis de qualidade aceitáveis para infiltração no solo ou para a descarga do efluente no meio receptor (Bartolomeu F. A., 1996). Nesse sentido, irão ser abordadas no ponto 6 algumas das soluções disponíveis, como por exemplo, a trincheira de infiltração, o poço de infiltração, trincheira filtrante, entre outras.

### **5.2.Descrição Geral**

A fossa séptica consiste basicamente num reservatório compartimentado e estanque onde o efluente permanece um intervalo de tempo suficientemente longo, por forma a permitir a ocorrência de fenómenos físicos de sedimentação e flotação, e também de processos biológicos de digestão anaeróbia (Bartolomeu F. A., 1996).

Normalmente as fossas sépticas são construídas em betão ou fibra de vidro, embora outros materiais, como o aço, pau-brasil e polietileno também tenham vindo a ser utilizados. O uso de aço ou pau-brasil já não é actualmente aceite pela maioria das

entidades reguladoras. O polietileno tem vindo a ser utilizado, mas a sua resistência estrutural é muito inferior ao betão ou à fibra de vidro.

Independentemente do material, a fossa deverá ser estanque e estruturalmente sólida de modo a funcionar correctamente, especialmente quando são implementados sistemas de tratamento a jusante como as trincheiras filtrantes, poços de infiltração, ou mesmo leitos de macrófitas (Crites & Tchobanoglous, 1998) (Bartolomeu F. A., 1996).

A diferença em termos económicos entre uma fossa séptica de baixo custo e uma que seja estanque e estruturalmente sólida é mínima. Por outro lado, se uma fossa séptica tiver uma fuga o custo da reparação irá exceder de longe o custo de uma nova, pelo que se deverá ter em atenção este facto aquando da sua instalação ou construção (Crites & Tchobanoglous, 1998).

### **5.3. Funcionamento**

Como já foi referido anteriormente, no interior da fossa séptica ocorrem fenómenos físicos e biológicos. A acção física deve-se essencialmente à redução da velocidade das águas residuais no interior da fossa, que permite que os sólidos de maior densidade sedimentem e formem uma camada de lama e, ao mesmo tempo, permite que a matéria de menor densidade, como óleos e gorduras flutuem e formem uma camada de escumas à superfície (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989).

A matéria orgânica retida no fundo do tanque sofre decomposição anaeróbia e é convertida em compostos mais estáveis como o dióxido de carbono, metano e sulfureto de hidrogénio. Apesar da formação deste último, os odores não são geralmente um problema, como seria de esperar, pois o sulfureto de hidrogénio combina-se com os metais existentes nos sólidos formando sulfuretos metálicos insolúveis (Crites & Tchobanoglous, 1998).

Há medida que ocorrem os fenómenos biológicos (digestão anaeróbia) verifica-se uma redução do volume da matéria orgânica sólida depositada no fundo da fossa séptica em cerca de 75% (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989). No entanto irá sempre ocorrer uma acumulação de lamas digeridas e de escumas no seu interior o que irá prejudicar a capacidade de sedimentação, pelo que terá de ser esvaziada periodicamente (Crites & Tchobanoglous, 1998).



## 5.4.Considerações de concepção da fossa séptica

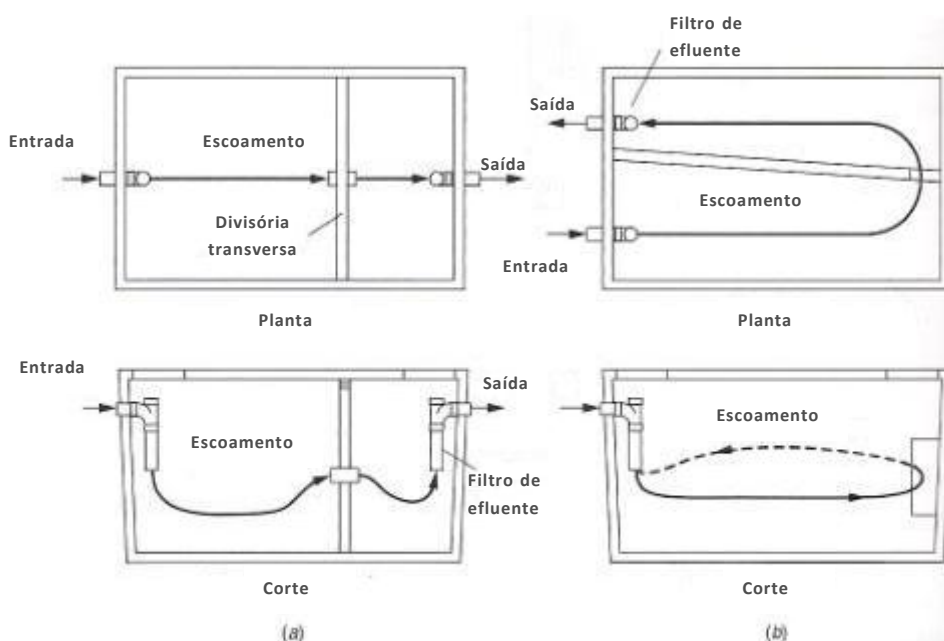
### 5.4.1. Enquadramento

As características mais importantes no dimensionamento e operação de uma fossa séptica incluem: a sua configuração, a integridade estrutural, a estanquicidade, o equipamento, os critérios de dimensionamento e a sua manutenção.

### 5.4.2. Configuração da fossa séptica

A maioria das fossas sépticas de betão é rectangular e possuem uma chicana/divisória interior que divide o tanque. O compartimento de maior dimensão, que resulta da divisão, corresponde normalmente a dois terços do volume total da fossa.

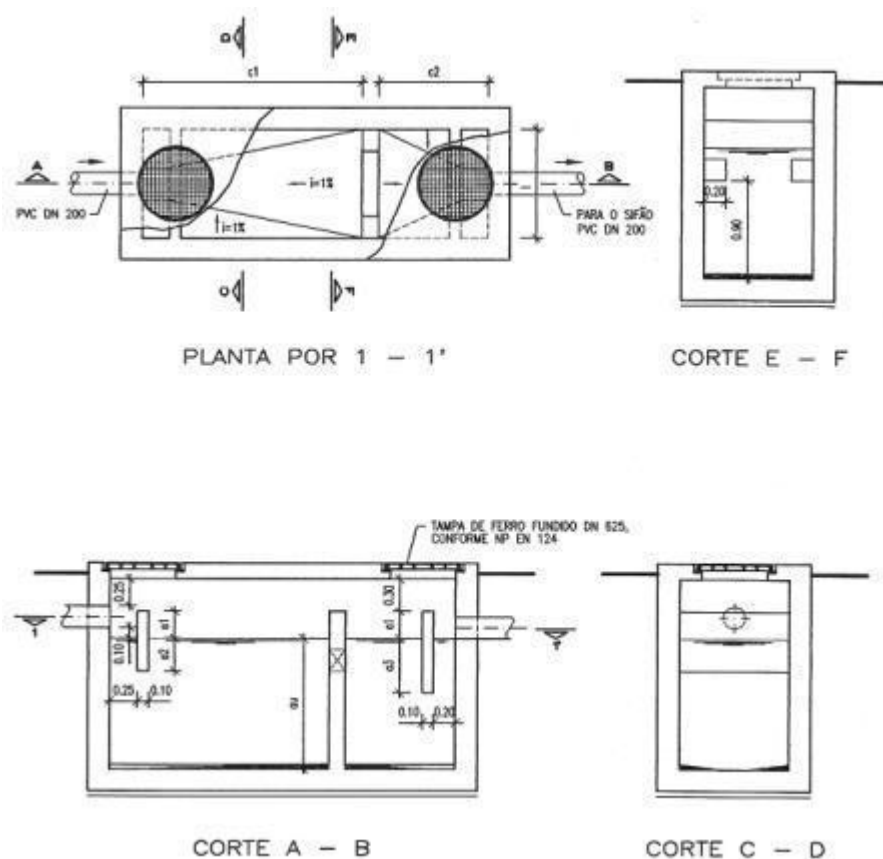
Segundo Crites et al (1998), verificou-se que o desempenho de uma fossa séptica de um só compartimento é igual ou superior ao de uma fossa de duplo compartimento, para a mesma gama de volumes. De facto, a divisória das fossas limita a área superficial para a acumulação dos sólidos e escumas. Uma colocação mais racional da divisória seria longitudinalmente, como mostra a Figura 5.1, pois não só melhora a remoção de sólidos e escumas, como também a integridade estrutural é valorizada.



**Figura 5.1 – Escoamento do efluente na fossa séptica: (a) com divisória colocada transversalmente, e (b) com divisória colocada longitudinalmente. (fonte: Crites & Tchobanoglous, 1998)**

No entanto, segundo Bartolomeu (1996), um aglomerado populacional com uma dimensão até 60 habitantes deverá ser servido por uma fossa séptica com dois compartimentos em série, exemplificada no esquema da Figura 5.2. A entrada e saída

de água deverá ser feita nos extremos opostos de modo a evitar a ocorrência de curto-circuitos hidráulicos.

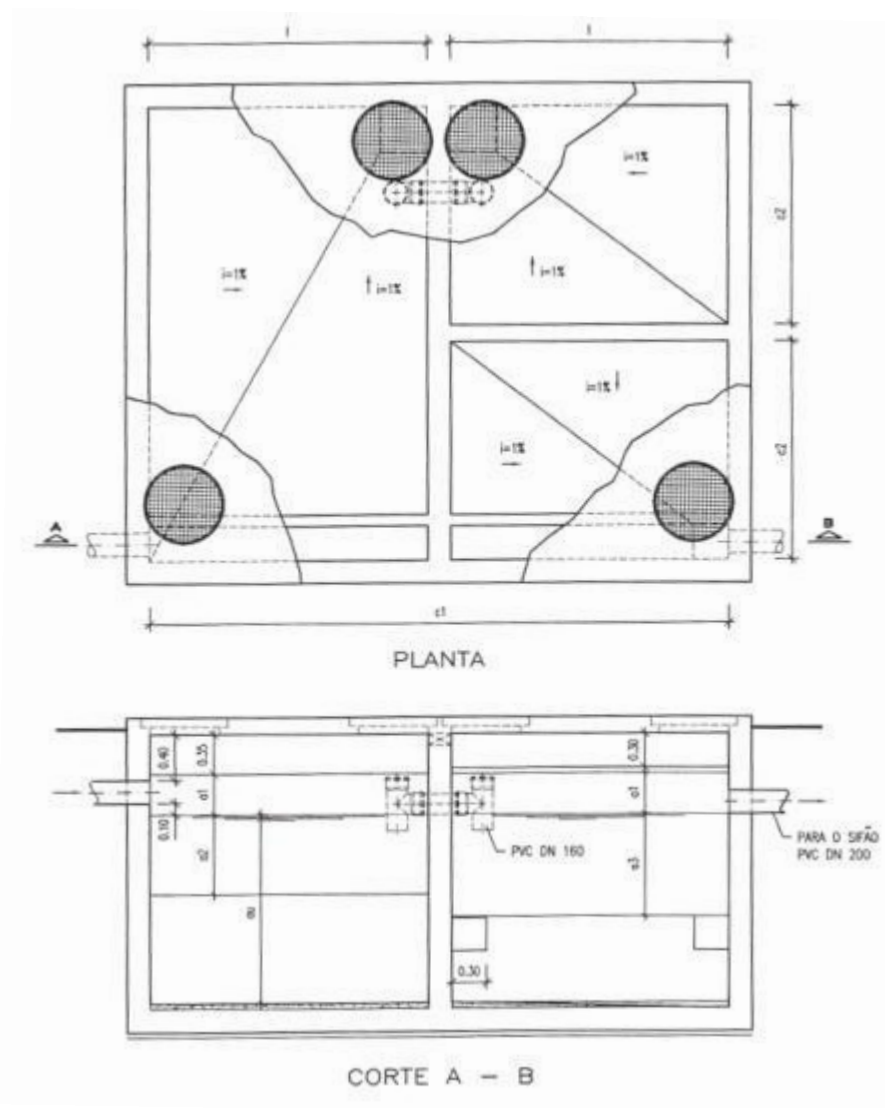


**Figura 5.2 – Planta e cortes de uma fossa séptica de 2 compartimentos. (fonte: Bartolomeu, 1996)**

Ainda segundo o autor, os dois compartimentos deverão ser separados por uma parede com uma abertura lateral para a passagem da água residual e não deverá ser construída até ao topo da fossa de modo a facilitar a ventilação dos compartimentos. Deverão ser preconizadas dois acessos de homem, um em cada um dos compartimentos, de modo a ser possível executar manobras de manutenção.

Deverão ser preconizados septos à entrada e saída dos tanques com o objectivo de impedir a saída de corpos flutuantes e de escumas com o efluente. A sua profundidade relativamente à superfície do líquido é a que se assinala na Figura 5.2 (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989).

No caso de comunidades com dimensão superior a 60 habitantes, a fossa séptica deverá ser constituída por 3 compartimentos em série, conforme exemplo apresentado na Figura 5.3. Neste caso, verifica-se que o volume do compartimento de maiores dimensões terá de ser igual à soma dos volumes dos outros dois compartimentos (Bartolomeu F. A., 1996).



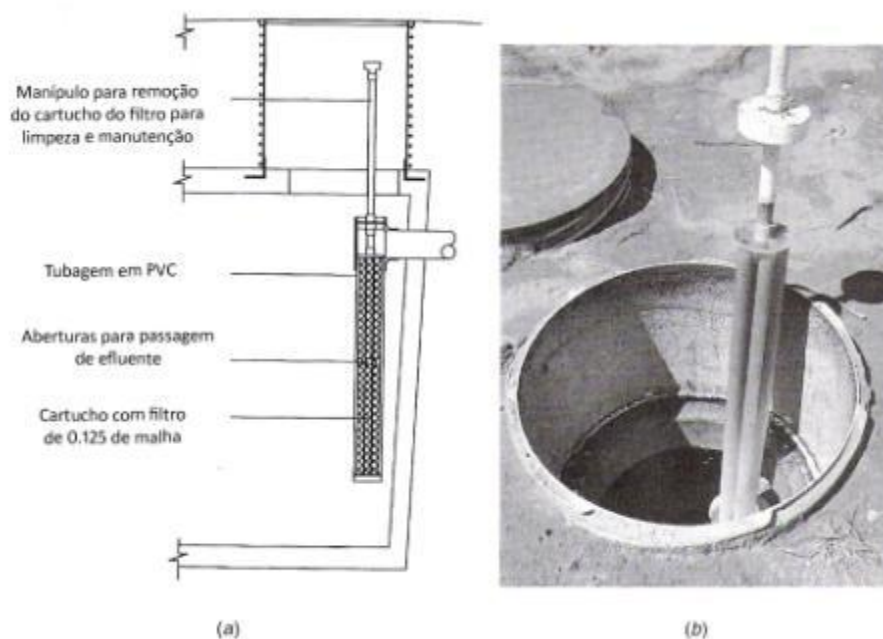
**Figura 5.3 – Planta e corte de uma fossa séptica de três compartimentos. (fonte: Bartolomeu, 1996)**

À semelhança da fossa séptica de dois compartimentos e pelas mesmas razões, a entrada e saída de água residual deverá ser efectuada em extremos opostos, e as paredes divisórias deverão ser interrompidas na parte superior. Neste caso, a ligação entre os compartimentos deverá ser efectuada através de uma tubagem de ligação entre os dois primeiros e por aberturas laterais para a passagem da água residual entre o segundo e o terceiro compartimento (Bartolomeu F. A., 1996).

A razão essencial para a instalação de fossas sépticas com mais de um compartimento, é o aumento da eficiência de remoção da matéria sólida e a diminuição da ocorrência de arrastamento de sólidos no efluente, que poderá comprometer o tratamento complementar a jusante (Crites & Tchobanoglous, 1998).

Conquanto a eficiência de remoção de sólidos seja elevada, poder-se-á preconizar a instalação de um filtro em conjunto com a fossa séptica, conforme demonstra a Figura 5.4. O efluente desagua dentro do filtro através dos orifícios de admissão localizados no centro da câmara. Antes de passar para o centro da câmara, o efluente terá de

passar através de um crivo que se encontra no seu interior. Devido à grande área do crivo, este não é obstruído muito facilmente, mas no caso desta eventualidade, poderá ser facilmente removido e limpo (Crites & Tchobanoglous, 1998).



**Figura 5.4 – Filtro para remoção dos sólidos à entrada da fossa séptica. (fonte: Crites & Tchobanoglous, 1998)**

#### 5.4.3. Integridade estrutural

O desempenho da fossa séptica a longo prazo, irá depender da sua integridade estrutural. No caso das fossas sépticas de betão, esta é dependente do processo construtivo, da colocação de aço de reforço e da composição do próprio betão.

#### 5.4.4. Estanquicidade

A estanquicidade da fossa séptica é imperativa para uma protecção efectiva do meio ambiente, em como para uma boa operação dos processos subsequentes de tratamento do efluente.

A estanquicidade da fossa séptica deverá ser testada, enchendo-a de água antes e depois da sua instalação. Se não se observar fugas de água depois de 24 horas a fossa encontra-se em bom estado. No caso das fossas de betão o teste de estanquicidade deverá ocorrer durante 48 horas, devido à absorção de água pelo material (Crites & Tchobanoglous, 1998).

#### 5.4.5. Critérios de Dimensionamento

Apesar das fossas sépticas serem utilizadas principalmente em habitações individuais, fossas de maiores dimensões têm vindo a ser adoptadas para servir pequenos aglomerados populacionais, que não possuam ligação a sistemas de tratamento centralizados (ETAR).

Empiricamente, a capacidade da fossa séptica deverá ser igual a cerca de 5 vezes o caudal médio diário (Crites & Tchobanoglous, 1998).

Segundo Bartolomeu (1996) o dimensionamento da fossa séptica resume-se ao cálculo do volume útil do tanque de acumulação e do diâmetro das tubagens de entrada e saída de água residual.

O volume útil ( $V_{\text{útil}}$ ) de uma fossa séptica calcula-se em função da população e é igual a: (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989)

$$V_{\text{útil}} = V_{AR} + V_{LD} + V_{Ld} \quad (1)$$

Em que:

$V_{AR}$  é o volume ocupado pelas águas residuais ( $\text{m}^3$ );

$V_{LD}$  é o volume ocupado pelas lamas digeridas ( $\text{m}^3$ );

$V_{Ld}$  é o volume ocupado pelas lamas em digestão ( $\text{m}^3$ ).

Por sua vez, cada uma das parcelas,  $V_{AR}$ ,  $V_{LD}$  e  $V_{Ld}$  é calculada pelas equações (2), (3) e (4), respectivamente.

$$V_{AR} = Pop \times Cap \times f_{afl} \times tr \quad (2)$$

$$V_{LD} = Pop \times Cap_{LD} \times (tl - td) \quad (3)$$

$$V_{Ld} = Pop \times \frac{Cap_{Lf} + Cap_{LD}}{2} \times td \quad (4)$$

Em que:

$Pop$  é a população servida (hab);

$Cap$  é a capitação de águas de abastecimento ( $\text{l/hab.d}$ );

$f_{afl}$  é o factor de afluência à rede de drenagem;

$tr$  é o tempo de retenção (dia);

$Cap_{LD}$  é a capitação de lamas digeridas ( $\text{l/hab.d}$ );

$Cap_{Lf}$  é a capitação de lamas frescas ( $\text{l/hab.d}$ );

$tl$  é o tempo entre limpezas (dia);

$td$  é o tempo de digestão de lamas.

## 5.4.6. Manutenção da fossa séptica

### 5.4.6.1. Enquadramento

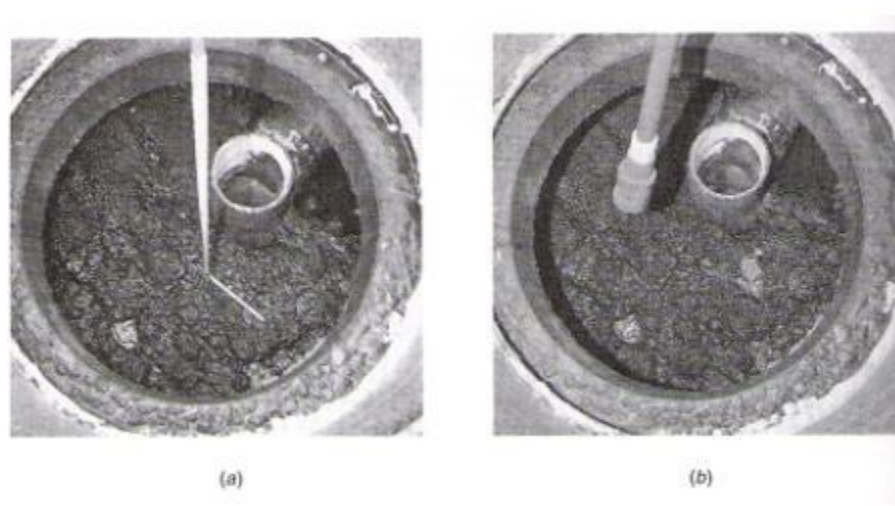
Devido ao facto de as fossas sépticas se encontrarem enterradas e portanto fora da vista, facilmente se esquece de que estas necessitam de manutenção periódica.

Este tipo de sistemas pode ser afectado por vários factores e a sua capacidade de receber efluente é finita. Levada ao limite, a fossa séptica pode deixar de funcionar, criando condições desagradáveis e pôr em risco a saúde pública. No entanto se forem seguidas algumas directrizes operacionais simples, estes sistemas poderão servir durante anos sem acarretar grandes problemas.

### 5.4.6.2. Inspeção rotineira

Uma inspecção rotineira adequada inclui a verificação da estanquicidade, das tubagens de ligação ao terreno filtrante e a monitorização da acumulação de lamas e escumas e deverá ser efectuada anualmente.

As escumas e lamas podem ser medidas como mostra a Figura 5.5. Para medir a espessura da camada de escumas utiliza-se um instrumento em forma de L, que é introduzido na camada, depois exerce-se um movimento de rotação e finalmente é erguido para o topo da camada de escumas. A espessura da camada de escumas poderá ser lida na escala do próprio instrumento (Crites & Tchobanoglous, 1998).



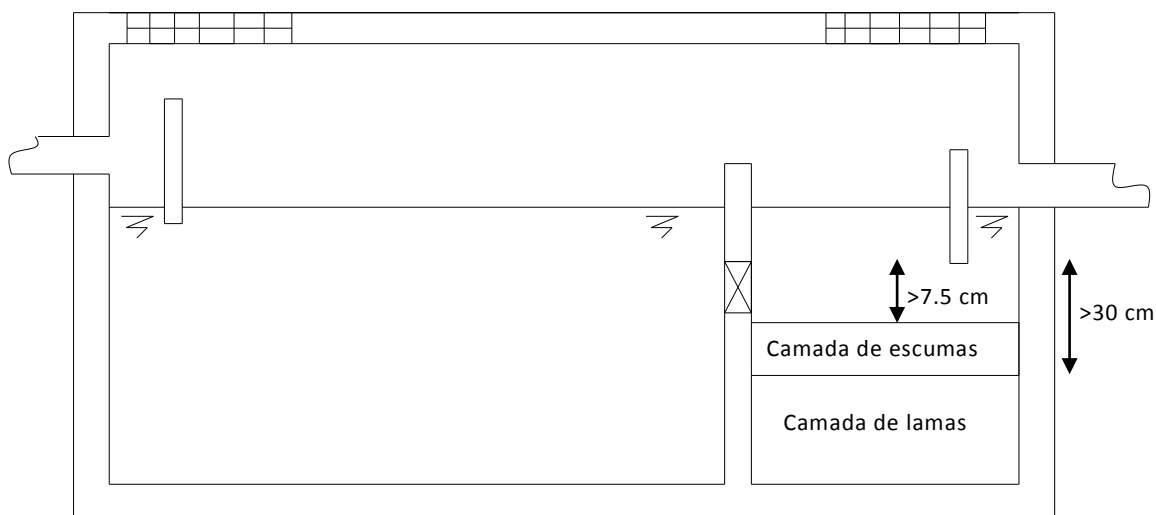
**Figura 5.5 – Sondas para medição da espessura da camada de escumas e a profundidade da camada de lamas: (a) sonda em forma de L e (b) sonda de luz. (fonte: Crites & Tchobanoglous, 1998)**

A medição da profundidade da camada de lama é efectuada introduzindo uma sonda de luz através da zona clarificada, até que esta encontra a camada de lamas e a luz desaparece (Crites & Tchobanoglous, 1998).

A espessura da camada de escumas à superfície e da camada de lamas no fundo, não deverá exceder os seguintes valores (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989):

- A distância entre a superfície da camada de lamas acumuladas e a parte inferior do septo junto da saída da fossa não deverá ser inferior a 30 cm;
- A distância entre a superfície da camada de escumas e a parte inferior do septo não deverá ser inferior a 7.5 cm.

As distâncias supramencionadas encontram-se representadas na Figura 5.6.



**Figura 5.6 – Representação da distância mínima ao septo da saída da fossa séptica às camadas de escumas e de lamas.**

#### *5.4.6.3. Limpeza da fossa séptica*

Como já foi referido anteriormente, a acumulação de lamas e escumas a longo prazo irá reduzir a capacidade efectiva de sedimentação da fossa séptica.

Pode-se restaurar a capacidade de sedimentação da fossa séptica através da extracção do seu conteúdo. A frequência da extracção do conteúdo da fossa séptica deverá ser efectuada, pelo menos de 2 em 2 anos.

Aquando da limpeza da fossa séptica deverá ser deixada uma pequena quantidade de lamas no seu interior (entre 5 a 10 cm de altura), que irão funcionar como inoculo para a digestão das novas lamas (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989).





## **6. SOLUÇÕES DE TRATAMENTO COMPLEMENTAR À FOSSA SÉPTICA**

### **6.1. Enquadramento**

Como já referido em 5.1, a fossa séptica apenas promove um nível de tratamento primário, sendo, portanto, necessário prever uma etapa de tratamento complementar, que eleve o nível de tratamento a níveis de qualidade aceitáveis para deposição no destino final seja este a infiltração no solo ou a descarga do efluente num meio hídrico receptor. Uma fossa sépticas seguida de um tratamento complementar constitui o que é conhecido como um sistema individual convencional de tratamento de águas residuais.

Nos pontos seguintes será feita uma descrição de algumas soluções disponíveis para a implementação destes sistemas.

Conquanto estes sistemas individuais convencionais de tratamento de águas residuais sejam aplicados com bastante frequência, salienta-se o facto de, em muitos casos, a fossa séptica ser utilizada como etapa de tratamento primário em instalações em que a linha de tratamento preconiza um tratamento secundário mais eficiente, como o caso de instalação de leitos de macrófitas a jusante da fossa séptica.

### **6.2. Infiltração no solo**

#### **6.2.1. Enquadramento**

Uma vez que o tratamento por infiltração no solo depende da percolação gradual das águas residuais no solo circundante, esses sistemas só podem ser considerados, quando as características favoráveis de solo e geologia se encontrarem reunidas para o tratamento e posterior eliminação das águas residuais tratadas para o meio ambiente.

Neste tipo de sistemas o efluente proveniente da fossa séptica irá sofrer uma acção mecânica de filtração no solo, ao mesmo tempo que ocorrem fenómenos biológicos. Desta forma, irão ser retidas as partículas que não sofreram sedimentação no interior na fossa séptica o que permite um acréscimo da qualidade do efluente. (Bartolomeu F. A., 1996)

De modo a promover um tratamento eficaz do efluente, os solos devem ser relativamente permeáveis e não deverão encontrar-se saturados a vários metros abaixo do órgão implementado.

Como a área de absorção do solo não deverá permanecer saturada de modo a garantir o funcionamento adequado do sistema, os sistemas sépticos não deverão ser

instalados em regiões propensas à ocorrência de precipitação elevada e enchentes, ou em depressões topográficas, onde poderá ocorrer a acumulação de águas de superfície.

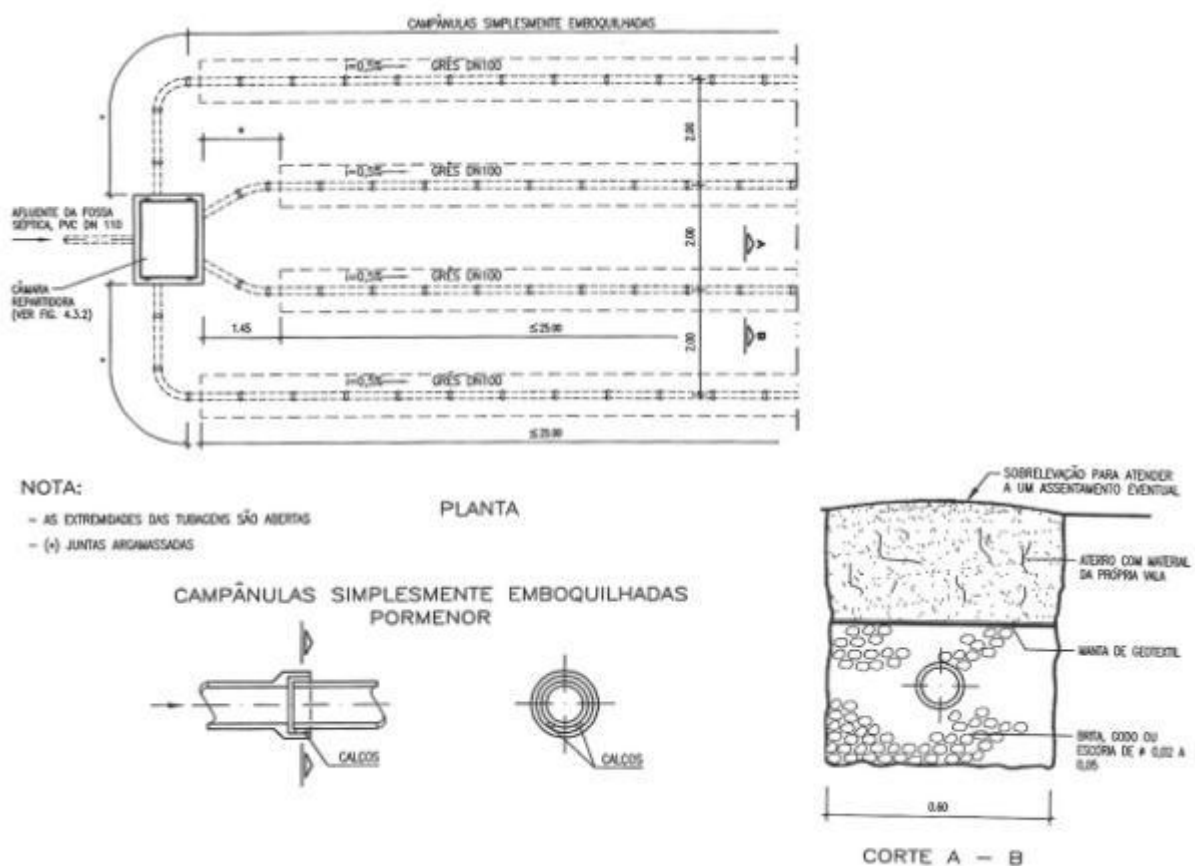
Para evitar a contaminação das origens de água destinadas a consumo humano e outros problemas, os sistemas de absorção do solo devem distanciar-se de poços, águas superficiais e nascentes, encostas, limites da propriedade e das fundações das habitações.(USEPA, 1999)

### 6.2.2. Trincheira de infiltração

A trincheira de infiltração é um órgão complementar à fossa séptica amplamente utilizado para tratar as águas residuais de aglomerados populacionais de pequenas dimensões, uma vez que é uma solução de execução e operação simples e economicamente favorável (Bartolomeu F. A., 1996).

Consiste basicamente numa vala aberta no terreno a uma profundidade de 0,5 a 1 metro, na qual é instalada a tubagem envolta em material drenante que tem a função de distribuir o efluente no solo (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989).

Na Figura 6.1 encontra-se representada a planta e corte de uma trincheira de infiltração.



**Figura 6.1 - Planta e corte de uma trincheira de infiltração. (fonte: Bartolomeu, 1996)**

Embora as trincheiras de infiltração sejam uma solução de grande simplicidade, conforme já referido, terá de se ter em atenção alguns factores na sua instalação.

Para o tratamento das águas residuais provenientes de apenas uma habitação é somente necessário prever a instalação de uma trincheira, enquanto que para o caso de se tratar de um aglomerado populacional dever-se-á preconizar duas ou mais trincheiras, sendo então indispensável a colocação de uma caixa repartidora de caudal a montante.

Esta câmara repartidora terá a função de repartir o efluente equitativamente por todas as trincheiras, que se encontram instaladas em paralelo, de modo a evitar a sobrecarga de uma e o subaproveitamento das restantes.

Cada uma das trincheiras é constituída por uma vala algo extensa (mas que não deve ultrapassar os 25 m), tendo no seu interior uma tubagem, cujas juntas se encontram apenas emboquilhadas, e que é envolvida por um material drenante.

A camada drenante é então coberta pelo solo que restou da abertura da vala, que não deverá ser impermeável de modo a facilitar a evapotranspiração, evitando a saturação do solo que impede a infiltração no efluente.

É de salientar a importância da inclusão de uma manta geotextil entre a camada drenante o solo, ou qualquer outro material que impeça o arrastamento de finos que poderão colmatar o material filtrante.

Com esta configuração, a trincheira filtrante permite que o efluente proveniente da caixa repartidora escoe pela tubagem e escorra pelo material filtrante através das aberturas na tubagem (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989).

### 6.2.3. Poço de infiltração

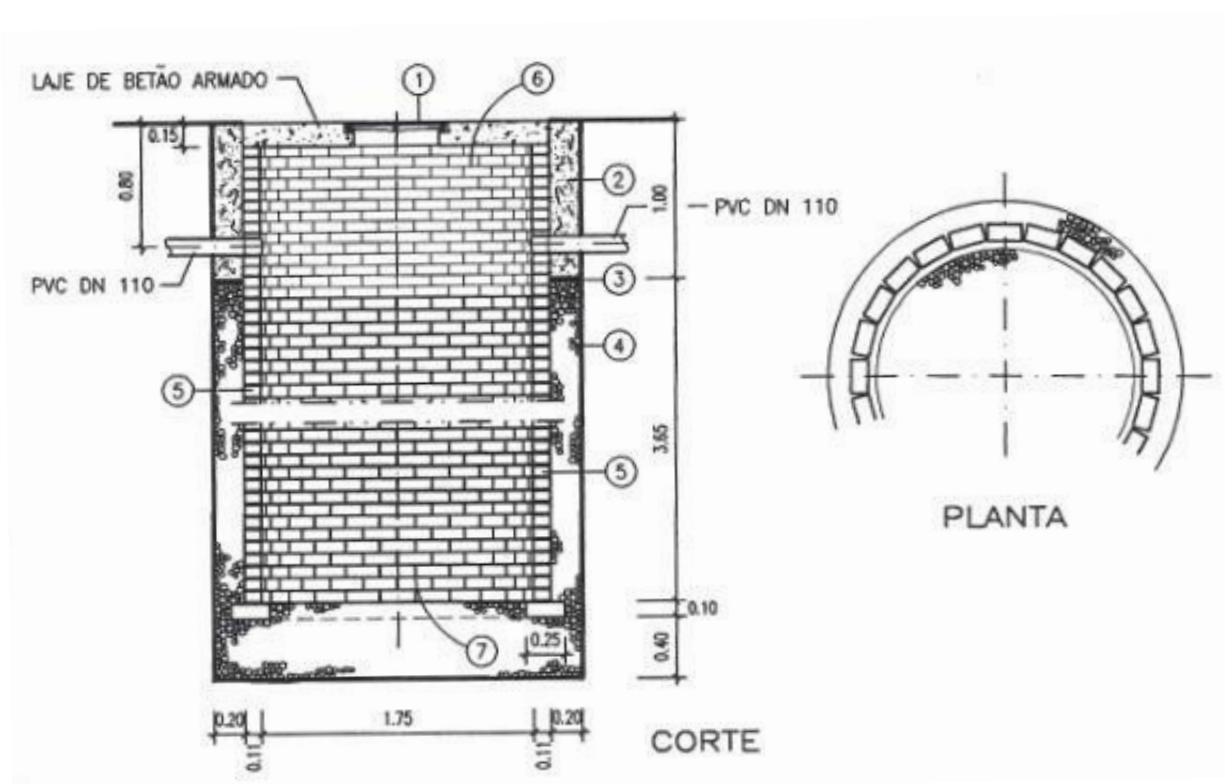
O poço de infiltração tem sido largamente utilizado como solução de tratamento complementar à fossa séptica devido ao seu baixo custo e facilidade de instalação e operação, sendo possível a implantação de um ou mais poços, devendo neste último caso prever-se a colocação de uma caixa repartidora de caudal, à semelhança do que é efectuado no caso das trincheiras de infiltração.

Cada um dos poços de infiltração consiste numa escavação cilíndrica no solo, que é revestida com um material filtrante em contacto directo com o solo.

Esta camada é suportada por uma parede de alvenaria de tijolo. Na zona superior à cota de chegada da tubagem de alimentação ao poço a parede de alvenaria de tijolo possui as juntas argamassadas, enquanto que na parte inferior a alvenaria de tijolo possui as juntas abertas. Também poderão ser utilizadas manilhas em betão, com

perfurações nas zonas adjacentes à camada drenante. O fundo poço é constituído apenas por uma camada de material filtrante (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989).

Na Figura 6.2 encontra-se representado um poço de infiltração.



**Figura 6.2 – Planta e corte de um poço de infiltração. (fonte: Bartolomeu, 1996)**

A configuração deste sistema permite que a água residual que entra no interior do poço de infiltração se escape pelas aberturas da parede e que percole pelos poros do material drenante, infiltrando-se no solo (Bartolomeu F. A., 1996).

### **6.3.Descarga do efluente tratado no meio hídrico**

#### **6.3.1. Enquadramento**

Quando não é possível a implementação de um sistema de tratamento complementar de infiltração no solo, por não estarem reunidas as condições favoráveis já referidas, pode ser prevista a instalação de um sistema em que o destino final do efluente tratado é a descarga numa linha de água receptora, à semelhança do que acontece noutras instalações de tratamento de águas residuais.

### 6.3.2. Trincheira filtrante

A trincheira filtrante é constituída por um conjunto de valas paralelas abertas no solo dispondo de duas tubagens sobrepostas que se encontram apenas emboquilhadas e são envolvidas por um material drenante com duas granulometrias distintas (Bartolomeu F. A., 1996).

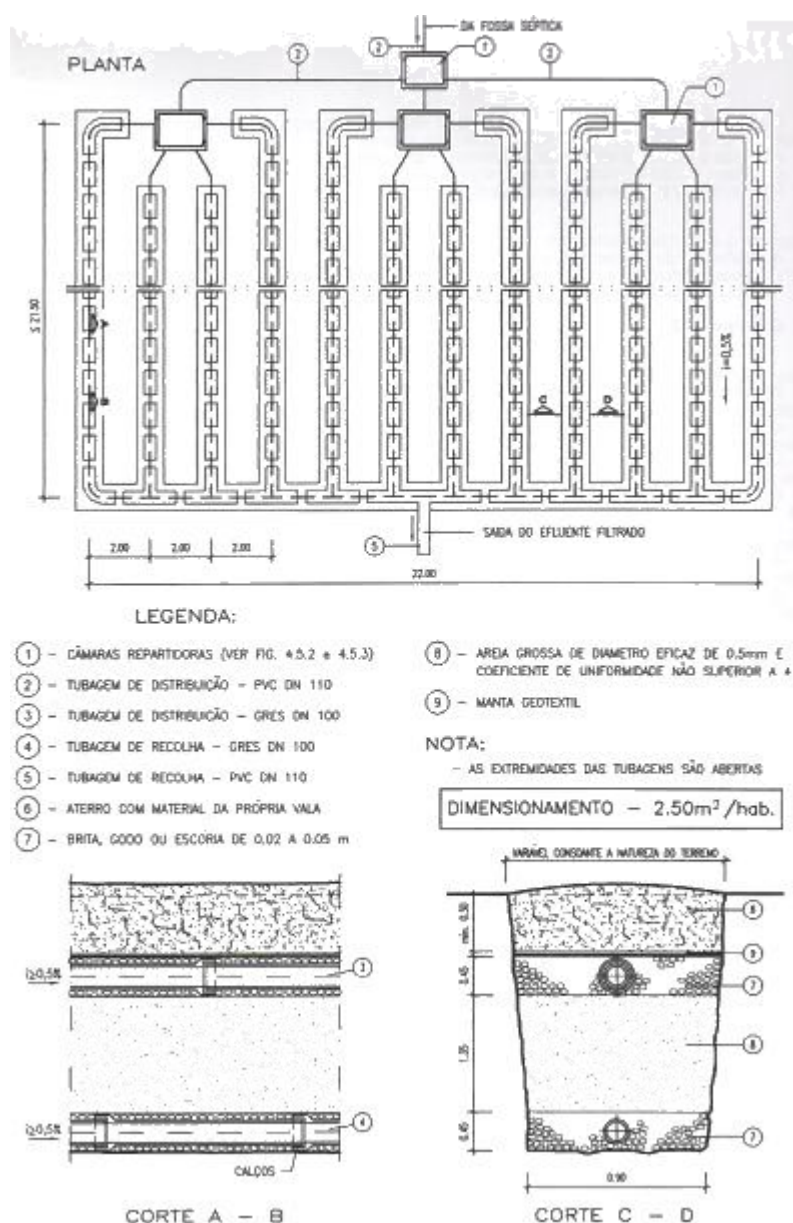
O efluente escoo pela tubagem superior, escapa-se através das aberturas, atravessa o material filtrante e é recolhido pela tubagem inferior, que também ela possui aberturas, que irá funcionar como dreno.

De modo a que o efluente seja distribuído equitativamente por cada uma das tubagens constituintes da trincheira filtrante terá de ser instalada uma caixa repartidora de caudal a montante, onde irão ligar as tubagens superiores de cada vala. Se o número de valas for elevado poderão ser instaladas caixas repartidoras secundárias.

Na sequência da mesma lógica, deverá ser instalada uma caixa de saída para a recolha do efluente tratado, à qual será ligada a tubagem de descarga no meio receptor.

Cada uma das tubagens é envolta num material drenante de granulometria mais elevada (como por exemplo a brita) e entre essas duas camadas deverá existir uma constituída por material de granulometria mais fina, como a areia. No topo da camada de material filtrante deverá ser colocada uma manta geotextil de maneira a evitar o arrastamento de finos e a consequente colmatção da camada drenante (Bartolomeu F. A., 1996).

Na Figura 6.3 encontra-se representada uma trincheira filtrante.



**Figura 6.3 – Planta e corte de uma trincheira filtrante. (fonte: Bartolomeu, 1996)**

### 6.3.3. Aterro filtrante

O aterro filtrante é um órgão que consiste por um aterro de areia, com cerca de 1 m de altura, implantado sobre o terreno natural previamente limpo da vegetação existente (Bartolomeu & Baptista, 1988/1989).

É dotado de uma pequena estação elevatória a montante de uma caixa repartidora de caudal, que alimenta as tubagens implantadas no terreno. A estação elevatória tem a função de elevar o caudal da saída da fossa séptica, que se encontra a uma cota inferior, para a caixa repartidora do aterro filtrante, que se encontra a uma cota superior. Por sua vez, a caixa repartidora de caudal tem a função de distribuir o efluente equitativamente por todas as tubagens constituintes do aterro filtrante.

Na Figura 6.4 encontra-se representado um aterro filtrante.







## **7. CARACTERÍSTICAS DO CONTEÚDO PROVENIENTE DA LIMPEZA DAS FOSSAS SÉPTICAS**

### **7.1. Enquadramento**

O material resultante da limpeza da fossa séptica é um material semilíquido (cerca de 98.5% de teor de água), constituído pela lama que se acumula no fundo da fossa séptica, pela camada de escumas e em parte por líquido. O conteúdo da fossa séptica é geralmente caracterizado por quantidades significativas de sólidos, matéria orgânica, areias, óleos e gorduras, pelo seu forte cheiro (Crites & Tchobanoglous, 1998).

Para além de ser um material com uma elevada concentração dos seus constituintes, verifica-se que a sua composição varia bastante de local para local. Esta variação tem como causas diversos factores, incluindo a dimensão do aglomerado que a fossa séptica serve e os seus hábitos de utilização da água de abastecimento, o tamanho e concepção da fossa séptica, as características climáticas do local e a frequência de limpeza (USEPA, 1984).

### **7.2. Composição típica do conteúdo proveniente da limpeza das fossas sépticas**

Conforme já referido, a composição do conteúdo de fossas sépticas é extremamente variável, pelo que é difícil estabelecer valores típicos para as concentrações de poluentes.

No Quadro 7.1 apresentam-se valores para a concentração dos constituintes das lamas provenientes da limpeza de fossas sépticas, consoantes diversos autores.

Conforme seria de esperar, o Quadro 7.1 apresenta valores bastante díspares para a concentração dos poluentes do conteúdo de fossas sépticas, uma vez que estes foram baseados em estudos efectuados em países que diferem grandemente no que concerne não só às características climáticas locais, mas também ao hábitos e usos da água de abastecimento.

Conforme supramencionado, as características do conteúdo das fossas sépticas são também afectadas pelo tempo entre limpezas, ou seja, a um intervalo de limpeza mais alargado irá corresponder uma lama com concentrações de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e óleos e gorduras mais elevados. Uma vez que a informação acerca do intervalo de limpeza das fossas sépticas não se encontrava disponível nos estudos serviram de base aos valores do Quadro 7.1, seria meramente especulativa uma análise a esses valores tendo em conta o tempo entre limpezas.

**Quadro 7.1 – Valores de concentração dos constituintes do material proveniente da limpeza de fossas sépticas, segundo vários autores.**

Parâmetro	Unidade	Valores de concentração							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>pH</b>	---	6.0	7.5	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
<b>SSV</b>	mg/L	10 000	7 700	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
<b>SST</b>	mg/L	15 000	1 266	7 000	10 000 – 14 000	18 000 – 24 000	12 898	45 000	2 600
<b>CBO5</b>	mg/L	7 000	2 300	(*)	<i>n.d.</i>	4 000 – 12 000	2 609	10 300	1 600
<b>CQO</b>	mg/L	15 000	15 700	<10 000	<20 000	8 000 – 15 000	16 003	42 550	5 750
<b>N total Kjeldahl</b>	mg/L	700	1 100	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	3 500 – 7 500	1 002	793	<i>n.d.</i>
<b>P total</b>	mg/L	250	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	800 – 1 200	863	171	<i>n.d.</i>

nd - valor não disponível

(\*) Relação COD/BOD entre 2:1 e 5:1

1 USEPA, 1984. Valores indicados para o dimensionamento

2 Koottatep et al, 2005. Dados referentes a Bangucoque

3 Ingallinella et al, 2002

4 Cofie et al, 2006 Dados referentes ao Gana

5 Polprasert, 1996, *in* Montagero & Belevi, 2007. Dados referentes ao Japão.

6 AIT/SANDEC, 2003, *in* Montagero & Belevi, 2007. Dados referentes à Tailândia

7 Strauss, 1995, *in* Montagero & Belevi, 2007. Dados referentes à Noruega

8 Strauss, 1995, *in* Montagero & Belevi, 2007. Dados referentes à Jordânia

É importante salientar, no entanto, que todos os valores apresentados no Quadro 7.1 correspondem a um material altamente carregado no que respeita a matéria orgânica, aos sólidos e nutrientes. Verifica-se, assim, que qualquer que seja o contexto geográfico em que se insira um tipo de tratamento de águas residuais por fossa séptica, a lama resultante deste é um material que exige um tratamento adequado para deposição final no meio ambiente, de modo a evitar problemas futuros de sobrecarga do meio de matéria orgânica e de nutrientes.

## **8. TRATAMENTO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS**

### **8.1. Enquadramento**

De acordo com o capítulo anterior, o material resultante da limpeza das fossas sépticas é uma lama muito concentrada no que se refere aos seus constituintes químicos e biológicos, e que necessita de um tratamento adequado anterior à sua deposição no meio.

Em muitos casos o conteúdo das fossas sépticas é recepcionado numa ETAR e tratado como se fosse água residual (em conjunto com efluente proveniente da rede de drenagem). Em situações em que o tratamento é separativo as opções de tratamento do conteúdo de fossas sépticas incluem os processos convencionais de tratamento de lamas.

Nos pontos seguintes será efectuada uma breve descrição de tipos de tratamento de conteúdo de fossas sépticas tendo em conta o tratamento de lamas convencional. O co-tratamento deste tipo de material será analisado com especial ênfase no capítulo 9, uma vez que se encontra dentro do âmbito deste estudo.

### **8.2. Tratamento convencional de lamas**

#### **8.2.1. Enquadramento**

Apesar de o material originário das fossas sépticas possuir algumas características diferentes da lama proveniente do tratamento primário e secundário da água residual doméstica em ETAR, os processos de tratamento, de desidratação, reutilização e eliminação poderão ser similares (Crites & Tchobanoglous, 1998).

As opções para o tratamento do conteúdo de fossa séptica como se fosse lama convencional incluem a compostagem, aplicação no solo (valorização), digestão aeróbia e anaeróbia, oxidação química e estabilização por cal.

#### **8.2.2. Compostagem**

A compostagem consiste num processo de decomposição e estabilização da matéria orgânica, que sujeita a condições específicas, resulta num material final estável (Coucello, 2009).

Este tipo de tratamento é amplamente utilizado na compostagem de lamas provenientes de tratamento de águas residuais, e verifica-se que a sua aplicação no

tratamento do conteúdo de fossas sépticas é condicionada pelos mesmos factores, constatando-se que se obtém os mesmos resultados (USEPA, 1984).

Através da compostagem o conteúdo de fossas sépticas transformar-se-á num material estável biologicamente, livre de patogénicos, semelhante ao húmus – composto – que reúne as condições necessárias à sua aplicação no solo (Coucello, 2009).

Uma vez que a humidade óptima para o processo de decomposição que ocorre durante a compostagem é de 55-65%, e que o teor em água do conteúdo de fossas sépticas é de cerca de 98%, será necessário recorrer a uma desidratação previa das lamas e/ou proceder-se a uma redução de humidade através da utilização de materiais secos, como pó de madeira e resíduos verdes (Coucello, 2009). Estes correctores de humidade servirão para aumentar o teor de sólidos na mistura, aumentando assim a porosidade, evitando a ocorrência de fenómenos de anaerobiose.

O processo de compostagem, independentemente de qual for o tipo de reator e de sistema de arejamento utilizado pode ser descrito da seguinte forma (Crites & Tchobanoglous, 1998)(Coucello, 2009):

- A lama desidratada é misturada com o corrector de humidade, conforme já referido;
- A mistura sofre um aumento da temperatura, devido à acção bacteriológica, até um ponto em que os organismos patogénicos são destruídos;
- A mistura encontra-se sujeita a arejamento forçado durante um período de tempo que pode variar entre 15 a 30 dias. O arejamento da mistura tem como principais objectivos controlar a temperatura, diminuir a humidade, evitar a compactação do substrato e consequentemente fazer uma eficiente distribuição do ar. Este pode ser efectuado através de sistemas de arejamento, por revolvimento da mistura ou a combinação dos dois;
- Os sólidos que serviram de correctores secos são removidos da mistura, normalmente recorrendo a uma gradagem com malha adequada ao tamanho dos sólidos;
- O composto resultante sofre processos de maturação de 30 a 60 dias, de maneira a completar a sua estabilização.

Apesar de a compostagem parecer um processo relativamente simples, o facto de necessitar de temperaturas elevadas ao mesmo tempo de ser indispensável o arejamento das pilhas e o controlo da humidade, torna-o um processo algo complexo.

Os três principais tipos de compostagem são a compostagem em reactores, o sistema “Windrow” ou o sistema de pilhas estáticas arejadas.

A compostagem efectuada dentro de reactores permite um maior controlo dos parâmetros de funcionamento do sistema (arejamento, temperatura, humidade, entre outros), bem como permite uma redução significativa dos odores (instalando um sistema adequado de desodorização)(Coucello, 2009).

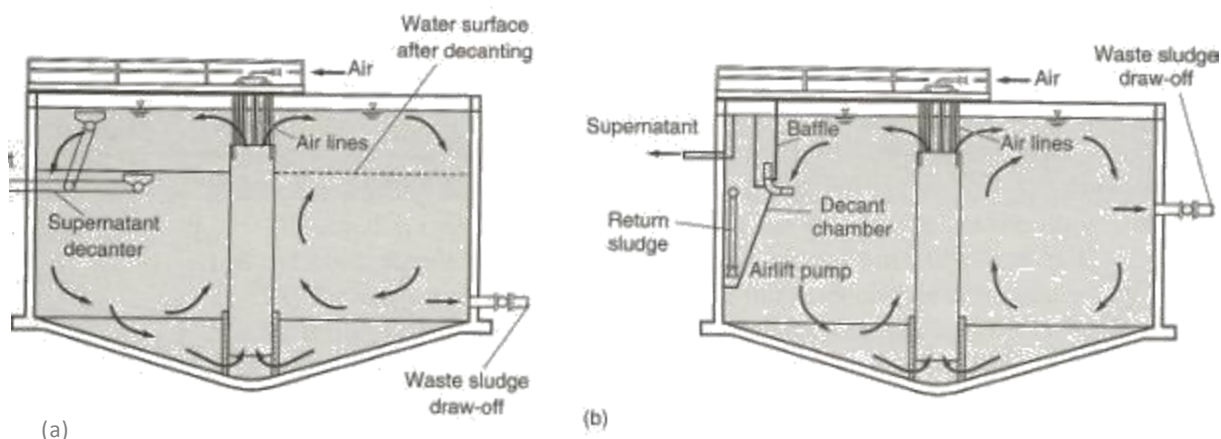
O sistema “Windrow” é caracterizado por um processo em que a mistura de lamas e correctores é colocada em pilhas de secção triangular (1.5 a 1.8 m de altura), sendo o arejamento da mistura efectuada por revolvimentos periódicos e do arejamento forçado.

No que se refere ao sistema de pilhas estáticas arejadas, a mistura é colocada sobre uma tubagem perfurada ligada a um sistema de arejamento. Neste caso as pilhas possuem a mesma geometria das pilhas do sistema “Windrow”.

### 8.2.3. Digestão aeróbia

A digestão aeróbia actua na fase de respiração endógena, ou seja, à medida que o substrato que serve de alimento aos microrganismos que degradam a matéria orgânica diminui, eles começam a consumir o seu próprio protoplasma de modo a obter energia para as reacções de manutenção celular (Metcalf & Eddy, 2003). Desta forma verifica-se que o processo não difere muito do processo de lamas activadas.

Os digestores aeróbios convencionais consistem, geralmente, num órgão circular cujo topo se encontra aberto. No entanto, de modo a evitar perdas de calor e a consequente diminuição da temperatura, poderão ser tapados (USEPA, 1984). Na Figura 8.1 apresenta-se um esquema de um digestor aeróbio.



**Figura 8.1 – Exemplos de digestores aeróbios: (a) de operação em batch e (b) de operação em contínuo. (fonte: Metcalf & Eddy, 2003)**

As necessidades de oxigénio para o processo de digestão aeróbia poderão ser suprimidas através de arejadores mecânicos ou difusores, em que os equipamentos utilizados para a estabilização do conteúdo de fossas sépticas são os mesmos que são

utilizados na digestão de lamas de ETAR convencionais. No entanto, a única consideração específica para este caso é o facto de o órgão necessitar de um volume superior, uma vez que o tempo de retenção na digestão aeróbia do conteúdo de fossas sépticas é mais elevado do que no caso de digestão de lamas secundárias (USEPA, 1984).

As vantagens da digestão aeróbia face à digestão anaeróbia são (Metcalf & Eddy, 2003):

- A redução dos sólidos voláteis na digestão aeróbia é sensivelmente a mesma face à digestão anaeróbia, quando o sistema é correctamente operado;
- Obtém-se uma concentração de  $\text{CBO}_5$  menor no sobrenadante;
- O produto final da digestão anaeróbia é um material biologicamente estável, sem odor e semelhante ao húmus;
- Operação relativamente simples;
- Investimento inicial mais baixo.

Como desvantagens pode-se apontar as seguintes (Metcalf & Eddy, 2003):

- Custos operacionais mais elevados, devido à necessidade de arejamento forçado;
- Maior dificuldade de desidratar mecanicamente a lama digerida;
- O processo é altamente afectado por factores como a temperatura, a localização, a geometria do órgão, a concentração de sólidos à entrada do digestor e o tipo de sistema de arejamento utilizado.

### 8.2.1. Digestão anaeróbia

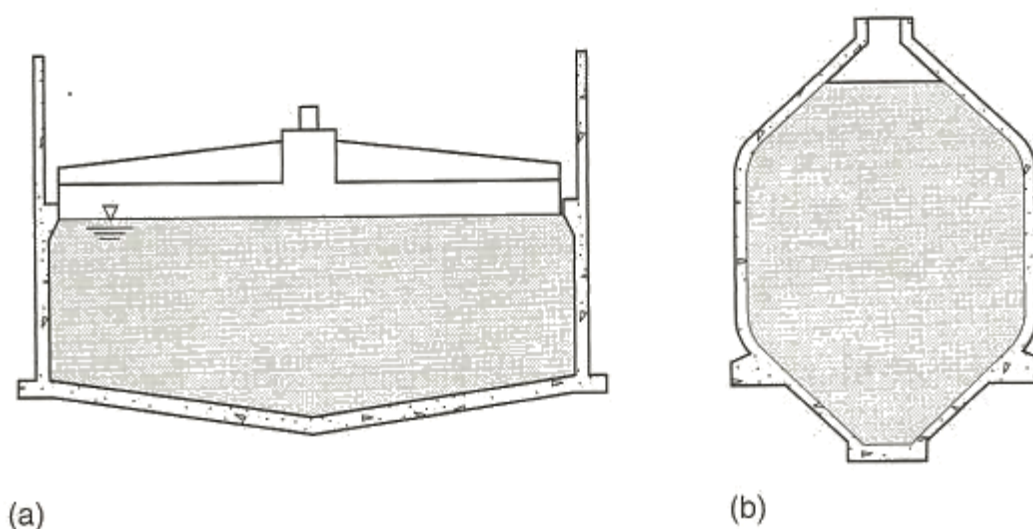
A digestão anaeróbia é o processo mais antigo para a estabilização de lamas e consiste num processo biológico em que a matéria orgânica é decomposta na ausência de oxigénio molecular (USEPA, 1984).

A digestão anaeróbia é normalmente aplicada com o intuito de estabilizar lamas concentradas resultantes do tratamento de águas residuais em ETAR (Metcalf & Eddy, 2003), mas devido à sua complexidade de instalação e operação, normalmente só é aplicada em instalações de grandes dimensões (Crites & Tchobanoglous, 1998).

Tendo em conta que o conteúdo das fossas sépticas apresenta-se como um material de elevada concentração em matéria orgânica, como já foi indicado, a digestão anaeróbia

poderá ser uma solução apropriada para a sua estabilização e posterior deposição no solo (USEPA, 1984).

Existem diversas configurações dos digestores, mas a mais comum é a de um tanque tronco-cónico, normalmente construído em betão e totalmente coberto. Na Figura 8.2 encontram-se representadas diferentes configurações de digestores anaeróbios.



**Figura 8.2 – Configurações de digestores anaeróbios: (a) tronco-cónica e (b) configuração alemã convencional. (fonte: Metcalf & Eddy, 2003)**

O processo de digestão anaeróbia é altamente influenciado pelos seguintes factores (Metcalf & Eddy, 2003):

- Tempo de retenção;
- Temperatura;
- Alcalinidade;
- pH;
- Presença de substâncias inibidoras dos processos biológicos.

No que se refere ao tempo de retenção, este factor é importante na medida que o digestor terá de ser dimensionado de modo a que as lamas permaneçam o tempo suficiente para que ocorram os fenómenos biológicos necessários à degradação dos SSV.

A temperatura não só influencia grandemente a actividade metabólica da comunidade microbiana, como também interfere com factores como a taxa de transferência de gás

e as características de sedimentação dos sólidos, sendo essencial no controlo da eficiência da digestão.

Muitos sistemas de digestão anaeróbias são dimensionados para funcionar a temperaturas que rondam os 30 -38°C, designados por sistemas de digestão anaeróbia de baixa carga, enquanto outros são dimensionados para operar num intervalo de temperatura entre 50-57°C. Estes últimos são designados por sistema de digestão anaeróbia de alta carga.

Os digestores de baixa carga são de concepção e operação mais simples, mas possuem algumas desvantagens face aos de alta carga. O facto de serem operados a temperaturas mais baixas, ou seja o substrato não é aquecido nem agitado, faz com se seja necessário um período de retenção das lamas no interior do digestor mais elevado, de cerca de 30 a 60 dias (Monte, 2010).

As vantagens da digestão anaeróbia de baixa carga, face à de alta carga, centram-se essencialmente nos encargos de exploração mais baixos e na facilidade de operação. No entanto, verifica-se que a estabilização das lamas é inferior e as lamas digeridas apresentam uma concentração menor do que no caso da digestão em alta carga (Metcalf & Eddy, 2003). Para além disso, é necessária a implantação de um órgão de maiores dimensões, o que poderá ser uma condicionante em casos em que o espaço disponível é limitado (Monte, 2010).

No que se refere aos digestores de alta carga, estes operam a temperaturas mais elevadas e em regime de mistura completa, o que contribui para um aumento da sua eficiência. Deste modo, as lamas digeridas encontra-se mais estabilizada, mais concentrada e não é necessário grandes volumes de digestão, uma vez que os tempos de retenção também serão menores (Monte, 2010).

No entanto, de modo a operar dentro da gama da temperatura iniciada anteriormente, é necessário proceder-se ao aquecimento das lamas, o que implica encargos de exploração mais onerosos e uma operação mais complexa do sistema (Metcalf & Eddy, 2003).

As vantagens inerentes ao processo de digestão anaeróbia face a outros processos de estabilização de lamas incluem os seguintes pontos (Amaral, Digestão anaeróbia, 2006a)(Metcalf & Eddy, 2003):

- Baixa produção de lamas estabilizadas (elevada concentração);
- Baixa necessidade de nutrientes no processo;
- Não existem encargos com energia, no caso da digestão em baixa carga e reduzidos encargos de energia, no caso da digestão em alta carga;



- O biogás produzido poderá ser reutilizado como combustível para aquecimento do sistema ou outros destinos na instalação de tratamento;
- As lamas digeridas resultantes do processo apresentam um elevado nível de estabilização e de concentração.

Como principais desvantagens pode-se apontar o seguinte:

- Grande vulnerabilidade a toxicidade;
- O primeiro *start up* do sistema é geralmente muito lento;
- Possibilidade de ocorrência de maus cheiros;
- Exploração complexa em muitos casos.

### 8.2.2. Estabilização alcalina

Um método para eliminar as características adversas do conteúdo de fossas sépticas é a estabilização alcalina, em que se adiciona um composto alcalino às lamas – normalmente a cal – criando assim um ambiente desfavorável à sobrevivência dos microrganismos patogénicos (Metcalf & Eddy, 2003).

A adição de cal pode ser efectuada directamente nas lamas provenientes das limpezas das fossas sépticas, ou seja, sem desidratação prévia, no entanto este método poderá implicar custos mais elevados em termos de transporte para o destino final, uma vez que a concentração das lamas é baixa o volume a transportar é elevado (Metcalf & Eddy, 2003):

Outro método é a adição de cal em lamas previamente desidratadas, cujas vantagens residem no facto de o volume de lamas a transportar ser menor, a quantidade de cal necessária adicionar por kg de lama a estabilizar ser menor e o facto de ser possível a adição de cal em pó (Metcalf & Eddy, 2003):

A desidratação mecânica de lamas já estabilizadas com cal é desaconselhada, uma vez que o seu pH é bastante elevado, o que poderá causar um desgaste adicional e a corrosão do equipamento de desidratação.

Os equipamentos necessários para a estabilização alcalina consistem num tanque de mistura, num sistema de adição de cal e num equipamento de medição de pH. A mistura poderá ser promovida através ou agitadores mecânicos (USEPA, 1984).

No dimensionamento deverá ter-se em consideração que a lama deverá manter-se a um pH superior a 12, durante pelo menos 2 horas, de modo a assegurar a destruição dos microrganismos patogénicos e a garantir uma alcalinidade residual por forma a que o pH se mantenha acima de 11 por alguns dias (Metcalf & Eddy, 2003).



## **9. TRATAMENTO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS EM ETAR DE SISTEMA DE LAMAS ACTIVADAS: CO-TRATAMENTO COM ÁGUA RESIDUAL PROVENIENTE DA REDE DE DRENAGEM**

### **9.1. Enquadramento**

Apesar de o conteúdo de fossas sépticas apresentar uma concentração muito elevada dos seus constituintes, o seu co-tratamento com água residual doméstica não deixa de ser uma solução bastante atractiva, principalmente devido ao facto de não ser necessária a construção de uma instalação de tratamento dedicada.

No entanto a selecção da instalação receptora deste tipo de lamas terá de ser criteriosa, de modo a que a perturbação da sua operação seja a mínima possível.

A aptidão de uma instalação para a recepção e tratamento do conteúdo de fossas sépticas depende, essencialmente, dos seguintes factores (USEPA, 1984):

- Tipo de ETAR e a sua localização;
- Capacidade de tratamento de dimensionamento da ETAR;
- Capacidade de tratamento actual;
- Objectivos de qualidade do efluente final fixados pela ARH correspondente;
- Quantidade e características das lamas a receber;
- Capacidade do tratamento de lamas.

Segundo ATV (1985) a recepção e tratamento do conteúdo de fossas sépticas não poderá implicar distúrbios operacionais graves que ponham em causa a qualidade do efluente final e não deverá ocorrer a dispersão de aerossóis e maus odores. É claro que só se consegue atingir estes objectivos através de uma gestão cuidada da recepção das lamas de fossas sépticas e da sua inclusão no tratamento da água residual.

Ao longo dos pontos seguintes irá ser abordada a problemática do co-tratamento do conteúdo de fossas sépticas em ETAR de sistema de lamas activadas, quais as dificuldades e desafios, quais as vantagens desta solução e principalmente quais os cuidados a adoptar na instalação e operação da ETAR quando é recepcionado este tipo de material. Irão ser abordadas as duas opções disponíveis para a introdução do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento de uma ETAR: a introdução das lamas na linha de tratamento da fase líquida, que será abordada mais profundamente, e a introdução da linha de tratamento da fase sólida.

## 9.2.Recepção do conteúdo de fossas sépticas na ETAR

### 9.2.1. Enquadramento

Independentemente de qual o destino do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento da ETAR, é necessário ter em conta dois aspectos fundamentais na recepção de lamas provenientes de fossas sépticas (USEPA, 1984):

- 1) A grande quantidade de sólidos de grandes dimensões, areias e gorduras constantes nas lamas;
- 2) A grande inconstância de caudal afluyente (uma vez que é descarregado o volume de um veículo limpa-fossas em poucos minutos).

Tendo em conta estes aspectos deverá ser preconizada uma estação de recepção de lamas provenientes dos limpa-fossas que colmate estas necessidades, principalmente quando se trata de uma ETAR receptora de capacidade reduzida. Esta estação deverá ser constituída etapa de pré-tratamento em que se efectue a gradagem, o desarenamento e se possível o desengorduramento das lamas e que encaminhe a lama pré-tratada para um tanque de equalização de caudais. Esta estação deverá cumprir os seguintes objectivos (USEPA, 1984):

- Transferência rápida e segura do conteúdo de fossas sépticas do veículo limpa-fossas para o tanque de recepção e armazenamento;
- Prevenir os entupimentos, incrustações e o desgaste do equipamento da ETAR a jusante da etapa de recepção do conteúdo de fossas sépticas;
- Permitir o controlo do caudal de lamas de fossas sépticas afluyente ao tanque de arejamento (através da equalização);
- Prevenir as consequências negativas da existência de material flutuante inerte no tratamento biológico.

A concepção da estação de recepção de lamas provenientes de fossas sépticas varia consoante a quantidade de lamas a receber, as características do veículo limpa-fossas, o tipo de pré-tratamento a implementar, o destino das lamas na linha de tratamento e os requisitos em termos de controlo de odores. No entanto, para a concepção da estação de recepção de lamas deverá considerar-se pelo menos as seguintes etapas, de modo a garantir os objectivos anteriormente listados (USEPA, 1984):

- Recepção de lamas, em que deverá considerar-se uma ligação rápida ao veículo;
- Gradagem;
- Desarenamento;

- Armazenamento e equalização;
- Controlo de odores.

Para além destes pontos deverá adaptar-se a estação de recepção e pré-tratamento do conteúdo de fossas sépticas consoante as necessidades da linha de tratamento preconizada na ETAR e se necessário acrescentar etapas de tratamento nesta estação receptora, como por exemplo o desengorduramento das lamas, ou uma etapa de diluição com água residual.

Outro aspecto importante a considerar na estação receptora de lamas é a instrumentação de controlo operacional, como por exemplo a medição de caudal de lamas de fossas sépticas que é recepcionado na estação, a medição de caudal que sai do tanque de equalização para a etapa de tratamento subsequente e a medição de nível de lamas no interior do tanque de equalização (WEF, 1997).

### 9.2.2. Recepção do conteúdo de fossas sépticas

A recepção do conteúdo de fossas sépticas é a primeira etapa existente na estação receptora e faz-se através de veículos limpa-fossas. A primeira preocupação que se deverá ter na concepção da estação é o espaço livre para a circulação dos veículos e o franco acesso ao ponto de descarga (WEF, 1997).

As lamas são então descarregadas através de uma tubagem que se estende do veículo. A ligação desta tubagem ao veículo deverá ser completamente estanque, de modo a evitar derrames e a propagação de odores. Por sua vez, a ligação desta tubagem à estação deverá ser efectuada através de uma ligação rápida tipo *storz* ou similar, de modo a evitar possíveis derrames (USEPA, 1984).

Para efeitos de dimensionamento da estação receptora de lamas provenientes de fossas sépticas deverá estimar-se a quantidade de lamas que se irá receber durante um determinado intervalo de tempo, através da estimativa do número de veículos limpa-fossas que irão efectuar as descargas e tendo em conta o volume que normalmente transportam (WEF, 1997).

Geralmente, o tempo total de descarga de um veículo limpa-fossas, incluindo o tempo de encaixe da ligação rápida, o tempo de descarga e de limpeza, não ultrapassa os 15 minutos. Tendo em conta que o volume do limpa-fossas convencional ronda os 5 a 20 m<sup>3</sup>, poder-se-á verificar um caudal afluyente muito elevado, se o veículo não for equipado com uma bomba que poderá alimentar a estação receptora a caudal constante e mais baixo. Assim, a recepção de lamas terá de ser dimensionada para que tenha capacidade de receber o caudal afluyente da descarga dos veículos tendo em conta a cota de descarga das lamas e o nível existente dentro do tanque de equalização (WEF, 1997).

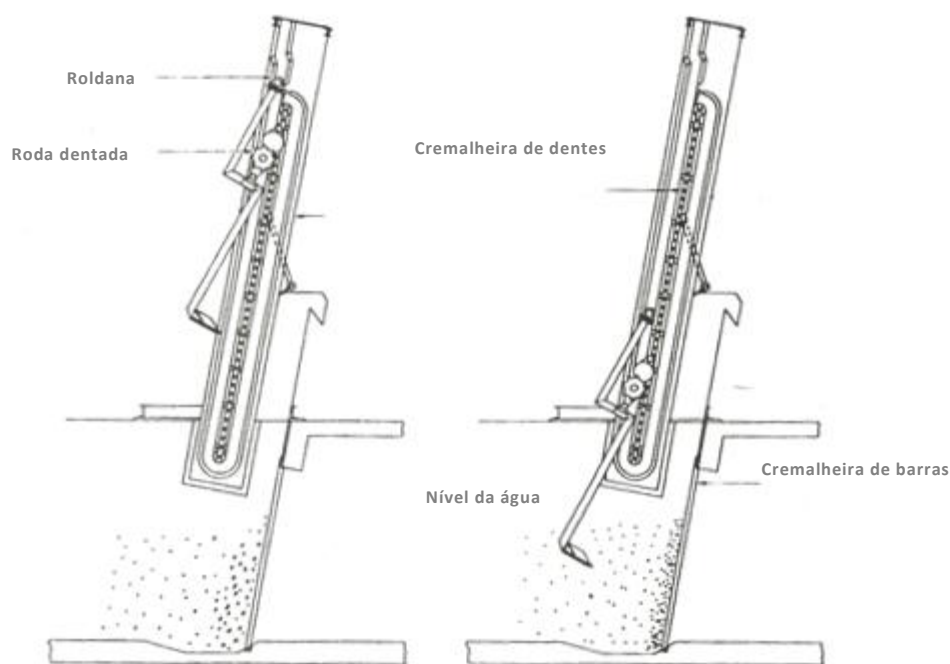
### 9.2.3. Pré-tratamento do conteúdo de fossas sépticas

#### 9.2.3.1. Gradagem

Normalmente o conteúdo de fossas sépticas contém detritos de dimensões consideráveis como plásticos, pedras e pedaços de metal, materiais que não são degradados no interior da fossa séptica. (USEPA, 1984) Estes materiais terão de ser removidos anteriormente à passagem pelas etapas de tratamento subsequentes, sendo a gradagem destas lamas uma operação indispensável (WEF, 1997).

A etapa de gradagem dos efluentes de fossas sépticas é em tudo semelhante àquela utilizada na gradagem das águas residuais afluentes à ETAR pela rede de drenagem, no entanto terá de se ter em conta, no seu dimensionamento, uma maior quantidade de sólidos e uma maior variabilidade de caudal causada pela descarga dos veículos limpa-fossas (WEF, 1997).

Geralmente é utilizado um de dois tipos de gradagem nesta etapa de tratamento. O primeiro é uma grade de limpeza automática, cuja representação se encontra na Figura 9.1 (WEF, 1997).

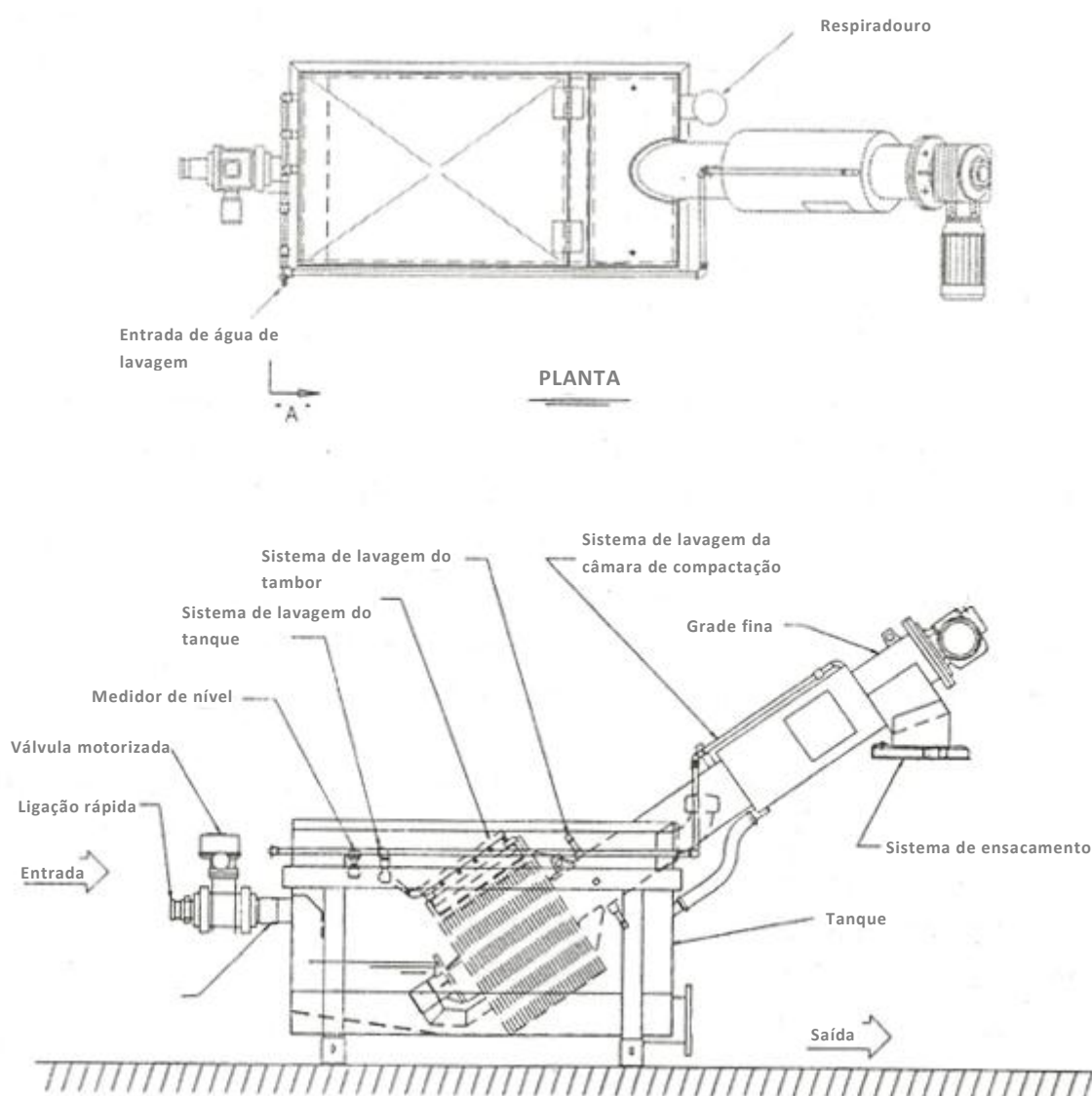


**Figura 9.1 – Grade vertical de limpeza automática (fonte: WEF, 1997)**

Este tipo de equipamento utiliza um ancinho mecânico que remove os detritos que se acumulam na grade instalada num canal, que poderá ser accionado por perda de carga, instalando uma medição de nível no canal a montante da grade ou poderá funcionar de um modo temporizado.

Normalmente este tipo de grades apresenta uma distância entre barras de 6 a 50 mm, mas no seu dimensionamento terá de se ter em conta o facto de as lamas de fossas sépticas conterem uma maior quantidade de sólidos do que as águas residuais domésticas, pelo que se deverá adoptar uma distância adequada e assegurar que a limpeza das grades é efectuada mais amiúde. A velocidade de aproximação no canal deverá ser superior a 0.3 m/s de modo a evitar sedimentação de sólidos no canal e a velocidade de atravessamento da grade não deverá exceder os 1.4 m/s, para potenciar a captura de sólidos (WEF, 1997).

Outro tipo de gradagem que tem vindo a ser utilizada é gradagem fina através da instalação de uma tamisagem (geralmente de tambor rotativo). Na Figura 9.2 encontra-se uma representação deste tipo de equipamento.



**Figura 9.2 – Tamisador de tambor rotativo. (fonte: WEF, 1997)**

Normalmente utiliza-se tamisadores com uma abertura de malha de cerca de 6 mm, que irão remover material mais fino, incluindo pedaços de gordura e de escumas que poderão acompanhar o conteúdo de fossas sépticas (WEF, 1997).

Estes equipamentos são de limpeza automática, através de um sistema de escovas ou ancinho, e permitem geralmente a desidratação (concentração dos sólidos através de parafuso de arquimedes). No caso particular do pré-tratamento de efluentes de fossas sépticas, a escolha do equipamento terá de ser meticulosa, uma vez que a limpeza da malha do tamisador é mais difícil do que no caso do pré-tratamento de águas residuais domesticas (WEF, 1997).

Este equipamento poderá ser instalado em canal ou num tanque de recepção dedicado, no entanto neste último caso deverá ter-se em atenção a dimensão do tanque de recepção de modo a garantir que este tem capacidade de receber todo o volume de um veículo limpa-fossas (WEF, 1997).

#### *9.2.3.2. Desarenamento*

Nos conteúdos de fossas sépticas verifica-se que existe uma grande quantidade de areia, enredada na matéria orgânica de menor densidade e na gordura presente, o que torna a sua separação mais difícil (USEPA, 1984).

Através de aplicações ao longo do tempo verificou-se que os métodos mais eficazes na remoção das areias em lamas de fossas sépticas são as câmaras arejadas e os desarenadores tipo *vortex*. Ambos os métodos promovem uma agitação significativa do efluente que ajuda a separação das areias da matéria orgânica e da gordura presente nas lamas (WEF, 1997).

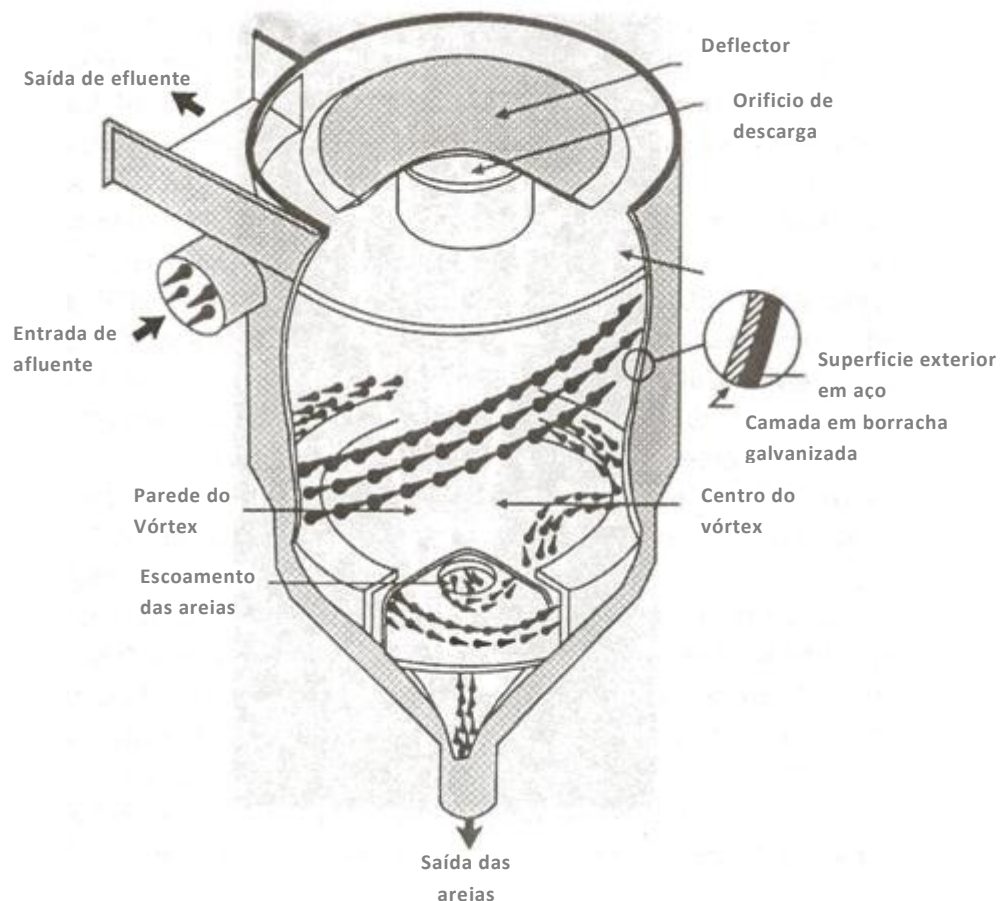
A concepção típica de uma câmara arejada para remoção de areias inclui um tanque rectangular cujo fundo é inclinado de modo a concentrar as areias no mesmo ponto. O arejamento é promovido por difusores de bolha grossa, promovendo um movimento em espiral das bolhas de ar, que permite que as areias decantem. As areias concentradas são removidas do fundo do tanque através de bombas, sendo as centrífugas as mais recomendadas, que poderão ser encaminhadas para um classificador de areias que promove a sua desidratação (WEF, 1997).

Geralmente, no dimensionamento de desarenadores de câmara arejada para águas residuais domésticas adopta-se um tempo de retenção de 2 a 5 minutos a caudal de ponta. Devido às características dos efluentes de fossas sépticas, nomeadamente à sua maior concentração e viscosidade, e tendo em conta os métodos de descarga de lamas dos veículos de transporte, o tempo de retenção recomendado em WEF (1997) é de 30 a 40 minutos.



O outro método que tem vindo a dar bons resultados na remoção das areias do conteúdo de fossas sépticas é o desarenador do tipo *vortex* ou ciclónico. Este tipo de equipamento consiste num tanque cilíndrico em que afluente entra tangencialmente formando um padrão de circulação em *vortex* (Crites & Tchobanoglous, 1998).

A areia é encaminhada para o perímetro exterior e para baixo, saindo pelo fundo. Na Figura 9.3 encontra-se uma representação esquemática de um desarenador em *vortex* (WEF, 1997).



**Figura 9.3 – Desarenador tipo vórtex ou ciclónico. (fonte: WEF, 1997)**

Uma grande vantagem deste tipo de desarenadores é a sua tendência para remover areias de uma dimensão menor que os desarenadores de câmara arejada, se forem operados a uma taxa próxima da taxa de dimensionamento. Em adição, verifica-se que a areia removida dos desarenadores ciclónicos apresenta menores quantidades de material orgânico que outros tipos de remoção de areia (WEF, 1997).

As areias removidas por este tipo de equipamento também poderão ser desidratadas num classificador de areias, à semelhança do que acontece nos desarenadores de câmara arejada (WEF, 1997).

#### 9.2.4. Equalização

Devido à grande variabilidade de caudais afluentes e das características do conteúdo de fossas sépticas o seu armazenamento e equalização são altamente recomendados nas estações de recepção (WEF, 1997). Esta necessidade torna-se ainda mais evidente quando a ETAR que recebe os conteúdos de fossas sépticas, apresenta uma capacidade de tratamento algo reduzida (inferior a 10 000 hab.eq.).

A equalização permite introduzir as lamas provenientes de fossas sépticas na linha de tratamento a subsequente a um caudal constante e controlado, permitindo ainda, uniformizar as características das lamas recebidas em diferentes descargas. Na concepção da estação de recepção a equalização deverá posicionar-se a jusante da etapa de pré-tratamento, de modo a evitar a deposição de areias e sólidos de maiores dimensões (WEF, 1997).

O tanque de equalização de lamas de fossas sépticas deverá ser confinado, para evitar a propagação de maus odores, e deve possuir agitação e arejamento, para reduzir a deposição de matéria orgânica e melhorar as condições de tratamento (USEPA, 1984).

Segundo USEPA (1984), para efeitos de dimensionamento do tanque de equalização o critério mais importante é o tempo de retenção ou de armazenamento, que, por regra não deverá ser inferior ao volume expectável de 1 dia de descargas de veículos limpa-fossas. No entanto, será desejável que o tanque de equalização tenha capacidade de armazenamento para vários dias de afluência, dependendo da sensibilidade das etapas de tratamento subsequentes e do volume que é previsto receber.

Um valor de tempo de retenção recomendado por WEF (1997) situa-se entre os 2 e os 4 dias. Chama-se a atenção para o facto de, em algumas situações, as escorrências da lavagem dos equipamentos de pré-tratamento serem encaminhadas também para este tanque de equalização, pelo que se deverá ter em conta este caudal no cálculo do volume do tanque, que poderá mesmo exceder o caudal dos efluentes de fossas sépticas.

#### 9.2.5. Controlo de odores

O controlo de odores é um ponto crítico no sucesso da operação de lamas provenientes de fossas sépticas. Este tipo de efluentes apresenta odores bastante agressivos e o seu manuseio e tratamento poderão causar a libertação destes maus odores resultando em reclamações por parte da população residente nas imediações das instalações de tratamento (WEF, 1997).

As boas práticas na gestão de conteúdos provenientes de fossas sépticas poderão reduzir os problemas associados aos odores, mas aspectos como o confinamento dos

espaços de operação e tratamento deste tipo de efluentes e a sua desodorização e posterior tratamento da fase gasosa, deverão ser considerados (WEF, 1997).

Este tipo de medidas deverão ser adoptadas logo em fase de projecto da instalação, em vez de serem tomadas medidas de fim de linha, que poderão não ter os resultados requeridos (USEPA, 1984).

A melhor abordagem para a resolução da problemática dos odores em ETAR que recebem o conteúdo de fossas sépticas para tratamento é confinar as fontes de emissão de odores e extrair esse ar saturado para um sistema de desodorização adequado. Neste sentido, o tanque de equalização de efluentes de fossas sépticas deverá ser sempre coberto, quer por betão, quer por outro tipo de material. No caso da cobertura ser feita em betão, este deverá encontrar-se protegido por uma camada anti-corrosão, uma vez que o sulfureto de hidrogénio ( $H_2S$ ) é responsável pela deterioração deste material (WEF, 1997).

No que concerne os equipamentos de pré-tratamento existentes na estação de recepção do conteúdo de fossas sépticas, deverá ser preconizada a sua instalação dentro de um edifício, que tenha um sistema de extracção de ar, que o encaminhe para o sistema de tratamento da fase gasosa.

Existem diversas tecnologias para o tratamento de odores, que incluem a lavagem química (*scrubbers*), a adsorção por carvão activado, o tratamento biológico (biofiltros), a combustão, os oxidantes térmicos, entre outros.

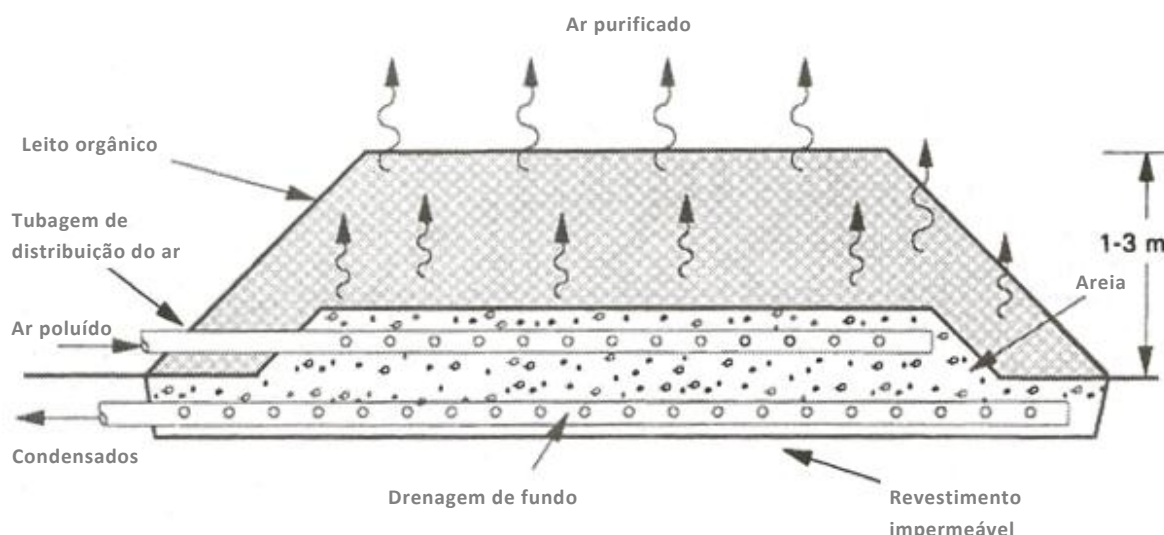
Geralmente, os mais utilizados nas ETAR com recepção do conteúdo provenientes de fossas sépticas são os biofiltros e os *scrubbers*. A sua escolha depende essencialmente das dimensões da instalação, uma vez que algumas destas tecnologias acarretam elevados custos de investimento e operação (WEF, 1997).

Os *scrubbers* são um método eficiente para o controlo dos odores e utilizam o hipoclorito de sódio como agente oxidante. (USEPA, 1984) O ar saturado é colocado em contacto com uma solução que, normalmente contém hipoclorito de sódio e hidróxido de sódio, que irá promover a adsorção e a subsequente oxidação dos compostos odoríferos (WEF, 1997).

Os *scrubbers* podem ser de um, dois ou três estágios, no entanto é mais comum aplicarem-se dois estágios. O primeiro estágio consiste na oxidação alcalina, com a adição de hipoclorito de sódio e hidróxido de sódio, e o segundo estágio consiste na lavagem ácida, com a adição de ácido sulfúrico (USEPA, 1984).

No que se refere aos biofiltros, verifica-se que nos últimos 10 anos este tipo de tecnologia tem vindo a adquirir cada vez mais adeptos, devido à sua simplicidade e baixo custo de investimento inicial e de operação (WEF, 1997).

O princípio de funcionamento do biofiltro é bastante simples. O ar saturado circula através de um leito de material poroso, que normalmente é constituído por uma mistura de solo, composto, folhas e cascas de árvore ou outro material, descrevendo um movimento ascensional. Os compostos odoríferos são removidos através de fenómenos de adsorção, assimilação e oxidação biológica. Na Figura 9.4 encontra-se apresentada uma representação esquemática do funcionamento de um biofiltro.



**Figura 9.4 – Representação esquemática do funcionamento de um biofiltro de desodorização. (fonte: WEF, 1997)**

Para que a eficiência da remoção dos compostos odoríferos seja máxima, é importante manter humidade adequada à proliferação dos microrganismos no leito de ser mantido com uma humidade adequada, pelo que será necessário preconizar a implementação de um sistema de *sprinklers* que serão responsáveis pela irrigação do material. Deverá ser instalado um sistema de drenagem no fundo do leito, de modo a recolher os lixiviados resultantes da passagem do ar saturado e do excesso de humidade no leito. Estes deverão ser encaminhados para a rede de escorrências da ETAR (WEF, 1997).

### **9.3.Introdução do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento da fase líquida**

#### **9.3.1. Enquadramento**

A adição dos efluentes na linha de tratamento da fase líquida de uma ETAR é o método mais comum de tratamento deste tipo de efluentes. A semelhança das características destes efluentes e das águas residuais afluentes da rede de drenagem, faz com que o co-tratamento na linha da fase líquida seja uma opção viável. No entanto, a eficiência de tratamento da ETAR receptora do conteúdo de fossas sépticas depende de vários factores, que se listam de seguida (USEPA, 1984):

- Tipo de processos unitários constituintes da linha de tratamento da ETAR;
- Capacidade de dimensionamento da ETAR;
- Destino do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento;
- Caudal de lamas de fossas sépticas a adicionar na linha de tratamento da ETAR;
- Rácio entre a carga afluente em dado momento e a capacidade de tratamento da ETAR.

Com a adição de efluentes tão concentrados na linha de tratamento da fase líquida de uma ETAR de sistema de lamas activadas de pequenas dimensões, é de esperar que ocorram um conjunto de problemas operacionais. Entre eles destaca-se o acréscimo de carga orgânica no tratamento biológico, que leva a um aumento da biomassa no reaktor biológico e das necessidades de oxigénio, que poderão conduzir a uma incapacidade de tratamento das águas residuais até ao nível requerido. No que se refere ao decantador secundário, verifica-se que o aumento da carga de sólidos afluente a este órgão poderá traduzir-se num decréscimo da qualidade do efluente clarificado.

Segundo ATV (1985), de modo a minimizar ou mesmo evitar a ocorrência dos problemas operacionais relacionados com a introdução do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento da fase líquida de uma ETAR, deverá ser seguido um conjunto de orientações, que se explanam de seguida:

- A etapa de tratamento biológico da ETAR receptora deverá estar dimensionada para uma população equivalente superior a 10 000 hab.eq.;
- A etapa de tratamento biológico deverá ter uma capacidade excedente para tratar a carga orgânica adicional proveniente das lamas de fossas sépticas, pelo que não deverão ser adicionados durante o período de maior afluência à ETAR pela rede de drenagem;
- Os objectivos de qualidade do efluente tratado terão de ser sempre garantidos, pelo que terá de se estimar o volume máximo admissível de conteúdo de fossas sépticas que poderá ser adicionado à linha de tratamento;
- As lamas de fossas sépticas terão de sofrer uma etapa de pré-tratamento;
- Terá de ser preconizada uma etapa de equalização do caudal das lamas de fossas sépticas;
- A quantidade e o tempo de descarga deverão ser controlados e deverão ser registados os seus valores.

A introdução do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento líquida poderá ser efectuada em diversos pontos dependendo da configuração da ETAR e das características desses efluentes.

Se as lamas provenientes de fossas sépticas apresentarem elevado teor em óleos e gorduras, poderá prever-se a sua introdução a montante do tratamento preliminar da ETAR que inclua o desgorduramento. Neste caso ter-se-á que assegurar que o órgão de desgorduramento tem a capacidade de suportar a quantidade extra provenientes das lamas de fossas sépticas.

Por outro lado, se não for necessário uma segunda etapa de pré-tratamento poderá introduzir-se estes efluentes a montante do decantador secundário, caso a ETAR inclua esta etapa, ou a montante do reactor biológico. Caso exista a etapa de equalização de caudal efluente da rede de drenagem, a adição dos conteúdos de fossas sépticas neste passo também é uma opção correcta, uma vez que permite a diluição deste tipo de lamas com a água residual.

### 9.3.2. Impacte no tratamento primário

Conforme já referido, após a etapa de pré-tratamento da estação de recepção, os conteúdos de fossas sépticas poderão ser adicionados à linha de tratamento da ETAR a montante do decantador primário, que irá promover a remoção de grande parte dos sólidos suspensos (USEPA, 1984).

Uma vez que a concentração de sólidos neste tipo de efluentes é muito superior à da água residual doméstica os efeitos da sua descarga neste órgão serão mais significativos do ponto de vista da carga de sólidos do que do ponto de vista hidráulico (WEF, 1997).

Diversos estudos demonstram que o conteúdo de fossas sépticas possui características de sedimentabilidade bastante fracas. Este facto deve-se, essencialmente, à elevada concentração de gorduras que se misturou com os sólidos e a matéria orgânica, durante as etapas de transporte, descarga e elevação das lamas. A produção de gás devido às condições anaeróbias existentes no interior da fossa séptica também provoca a resuspensão dos sólidos, afectando igualmente as características de sedimentabilidade (USEPA, 1984).

Conquanto os conteúdos de fossas sépticas apresentem uma fraca sedimentabilidade, a sua adição a montante do decantador primário e a sua consequente mistura com as águas residuais, tem vindo a demonstrar bons resultados em termos da eficiência de remoção dos sólidos suspensos da mistura dos dois tipos de afluentes.

Uma vez que grande parte da matéria orgânica existente no conteúdo de fossas sépticas se encontra associada aos sólidos em suspensão, o facto de uma grande

fracção de sólidos ser removida na decantação primária, faz com que a carga orgânica proveniente deste tipo de lamas e afluente ao reactor biológico seja minimizada, face a uma instalação que não tenha tratamento primário (USEPA, 1984).

Apesar de a introdução do conteúdo de fossas sépticas no decantador primário ser uma opção viável e com resultados medianos em termos de qualidade de efluente primário, poderão surgir alguns problemas operacionais, pelo que não se aconselha.

O primeiro aspecto a apontar será o aumento significativo da produção de lamas primárias, pelo que deverá ser avaliada a capacidade do tratamento da fase sólida da ETAR previamente à adição do conteúdo de fossas sépticas no decantador primário (WEF, 1997).

Considerando que os conteúdos de fossas sépticas possuem sólidos de características anaeróbias, a sua acumulação no fundo do decantador poderá implicar a resuspensão da camada de lamas mais superficial, provocando uma perda da capacidade de sedimentação do manto de lamas. Assim, as lamas primárias de um decantador que receba também lamas de fossas sépticas, deverão ser extraídas com uma maior frequência do que as lamas primárias de um decantador convencional (USEPA, 1984).

Outro problema que poderá surgir com a adopção desta solução é o aumento da produção de escumas. O aumento da quantidade de gorduras, consequência da adição do conteúdo de fossas sépticas, irá provocar um aumento significativo da quantidade de escumas à superfície do efluente causando odores incómodos, entupimento da tremonha de saída de escumas e dificuldade na sua remoção devido ao raio de raspagem da ponte (USEPA, 1984).

Caso esta quantidade significativa de espuma não seja removida, a gordura irá transitar para o licor misto do reactor biológico, provocando um decréscimo da taxa de transferência de oxigénio, inibição da actividade microbiológica e uma diminuição da sedimentabilidade das lamas no decantador secundário, provocando uma redução da qualidade do efluente final (USEPA, 1984).

Os problemas operacionais referidos nos parágrafos anteriores poderão ser minimizados se forem adoptadas as seguintes orientações no dimensionamento do decantador primário, no caso de este receber lamas de fossas sépticas:

- Se possível, as lamas de fossas sépticas deverão ser misturadas com a água residual antes da entrada no decantador primário;
- Assegurar uma remoção efectiva da gordura e escumas. Deverá ser considerada a necessidade de uma etapa de desengorduramento no pré-tratamento das lamas de fossas sépticas. A ponte com raspador de superfície do decantador

primário deverá ser adequada à remoção de uma grande quantidade de escumas;

- Será espectável uma quantidade elevada de gorduras nas lamas primárias, o que implicará problemas ao nível do tratamento da fase sólida da ETAR, nomeadamente no que se refere à agitação no digestor anaeróbio, (se existente). Assim, deverá ter-se este aspecto em conta no dimensionamento da fase sólida e tomar as medidas adequadas à resolução do problema.

### 9.3.3. Impacte no tratamento biológico

Os conteúdos de fossas sépticas poderão ser adicionados directamente no tanque de arejamento de a ETAR. Poderá prever-se a sua introdução em conjunto com as lamas recirculadas de modo a garantir a melhor mistura possível.

A carga orgânica adicional que afluí ao tanque de arejamento, provenientes deste tipo de afluentes irá ter impacte ao nível das necessidades de arejamento e da produção e lamas (WEF, 1997).

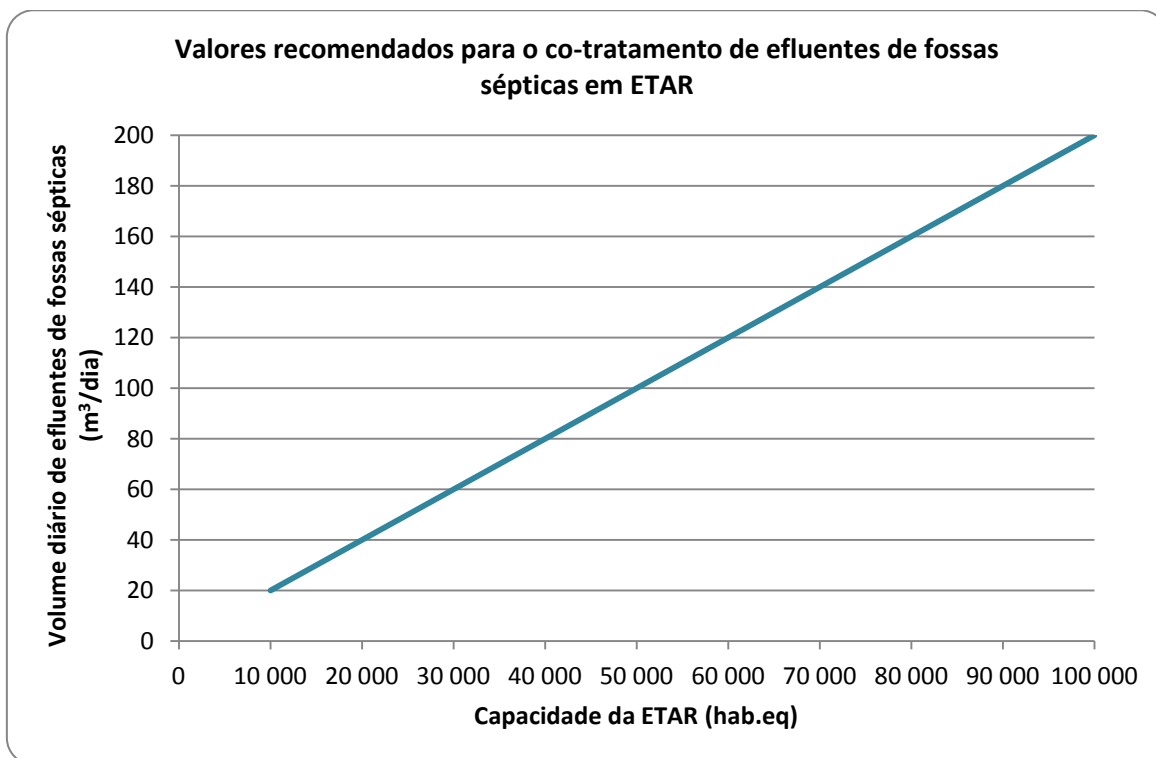
A adição do conteúdo de fossas sépticas na etapa de tratamento biológico deverá ter em conta os seguintes factores (USEPA, 1984):

- Capacidade de encaixar as necessidades de arejamento adicionais;
- Capacidade de encaixar a carga hidráulica adicional;
- Capacidade adicional da linha de tratamento da fase sólida;
- Método da introdução das lamas de fossas sépticas.

A etapa de tratamento biológico de uma ETAR normalmente reage de forma sensível a ao choque de carga orgânica pelo que a introdução dos efluentes de fossas sépticas nesta etapa deverá ser bastante controlada (ATV, 1985).

Segundo ATV (1985), o seu co-tratamento em ETAR só deverá ser efectuado em ETAR dimensionadas para uma população equivalente igual ou superior a 10 000 hab.eq, de modo a minimizar o choque de carga orgânica, e mesmo assim a quantidade máxima a adicionar recomendada é de 20 m<sup>3</sup>/dia. Na Figura 9.5 encontra-se representada a relação entre o volume de efluentes provenientes de fossas sépticas passível de ser recebidos numa ETAR com tratamento biológico e a sua capacidade de tratamento de dimensionamento.





**Figura 9.5 – Valores máximos admissíveis para a quantidade de lamas de fossas sépticas a receber numa ETAR de acordo com a sua capacidade de tratamento (adaptado de: ATV, 1985)**

Verifica-se, através da Figura 9.5 que o volume de efluentes de fossas sépticas a receber numa ETAR é directamente proporcional à sua capacidade de tratamento.

Ainda segundo ATV (1985), os valores apresentados na Figura 9.5 não deverão ser ultrapassados, de modo a não ocorram os problemas associados com o choque de carga orgânica no tanque de arejamento, que incluem a diminuição da qualidade do efluente final e a ocorrência de maus odores devido a uma diluição insuficiente destes efluentes no licor misto.

Os sistemas de lamas activadas de funcionamento em regime de arejamento prolongado possuem as condições adequadas à recepção de conteúdo de fossas sépticas, mesmo que não possuam a etapa de tratamento primário, cujas características operacionais foram descritas no ponto anterior. Este facto deve-se ao elevado grau de estabilização das lamas associado a este tipo de regime.

A concepção de um sistema de lamas activadas em regime de arejamento prolongado, baseia-se num valor de carga mássica baixo, em que os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica se encontram em auto-oxidação parcial, resultando numa produção específica de lamas mais baixa. Nesta configuração do sistema de lamas activadas, as necessidades de oxigénio serão superiores aos sistemas convencionais, uma vez que também ocorrem os processos de nitrificação que exigem uma quantidade adicional de oxigénio, para além daquela utilizada na degradação da matéria orgânica carbonácea.

Assim, a introdução do conteúdo de fossas sépticas no tanque de arejamento irá implicar um acréscimo nas necessidades de oxigénio, de modo a manter as condições adequadas à degradação da matéria orgânica, não só devido ao acréscimo de CBO, mas também ao acréscimo da carga de azoto afluente ao reactor biológico. Estudos efectuados anteriormente indicam que a adição do conteúdo de fossas sépticas em apenas 3% do caudal de águas residuais domésticas afluente ao tanque de arejamento implica um aumento de 48% do N total Kjeldahl (USEPA, 1984). Assim, terá de ser ter em conta o acréscimo das necessidades de oxigénio no dimensionamento do sistema de arejamento do reactor biológico.

Outro aspecto a considerar é o aumento da carga mássica no reactor biológico quando se adiciona as lamas provenientes de fossas sépticas. Uma vez que os sistemas de arejamento prolongado funcionam com valores bastante baixos deste parâmetro, a adição deste tipo de lamas deverá ser efectuada gradualmente e a uma taxa razoavelmente baixa para que não haja degradação da qualidade do efluente final. Chama-se a atenção para o facto de ser possivelmente necessário um aumento da idade de lamas do sistema (USEPA, 1984).

Tendo em conta o exposto nos parágrafos anteriores, verifica-se ao nível do tanque de arejamento os aspectos que poderão estar em causa no dimensionamento do tanque de arejamento são o volume do tanque e o sistema de arejamento.

No caso de a ETAR receptora ser já existente, terá de ser verificar se esta tem capacidade de encaixar as cargas orgânicas adicionais, tanto ao nível do volume como ao nível do sistema de arejamento, pelo que terá de se controlar de uma forma mais restrita a quantidade a adicionar.

Conforme já referido, a introdução do conteúdo de fossas sépticas no reactor biológico irá implicar um aumento na produção de lamas, o que poderá acarretar problemas ao nível do decantador secundário. Assim, dever-se-á ter em conta o acréscimo da carga de sólidos afluentes ao decantador secundário no seu dimensionamento e garantir que este terá capacidade de garantir um efluente final com baixa concentração de sólidos.

#### 9.3.4. Impacte na linha de tratamento da fase sólida

O acréscimo de produção de lamas devido à introdução do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento da fase líquida terá um impacte directo na linha de tratamento da fase sólida da ETAR.

Segundo WEF (1997), por cada metro cúbico de efluente de fossas sépticas tratado biologicamente irá ocorrer um acréscimo de 0.75 kg de lamas afluentes ao tratamento da fase sólida (tendo em conta as características de concentração do conteúdo de fossas sépticas descritas em USEPA, 1984). No entanto, uma vez que cada ETAR possui

as suas próprias características, a quantidade de lamas adicional que irá ser processada nas etapas de tratamento de lamas subsequentes ao decantador secundário deverá ser estimada caso a caso (WEF, 1997).

Tendo em conta o referido, terá de se avaliar a capacidade de tratamento linha da fase sólida, quer ao nível de dimensionamento de uma nova ETAR, que ao nível de operação de uma ETAR já existente, sendo, por vezes necessária a sua ampliação, quer ao nível de volumetria dos órgãos, quer ao nível da capacidade dos equipamentos.

#### **9.4.Introdução do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento da fase sólida**

##### **9.4.1. Enquadramento**

A introdução do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento da fase sólida de uma ETAR é uma solução viável para o seu tratamento. Conforme discutido no capítulo 8, este tipo de lamas poderá ser tratado como uma lama convencional, se as suas características assim o permitirem.

Este método é vantajoso quando o objectivo é proteger a linha de tratamento da fase líquida de uma ETAR por não ter capacidade de receber este tipo de efluentes (WEF, 1997).

A introdução de lamas provenientes de fossas sépticas na linha de tratamento de lamas terá menor impacte em termos globais no tratamento do conjunto dos efluentes, em comparação com a introdução deste tipo de efluentes na linha de tratamento da fase líquida. Isto deve-se ao facto de serem introduzidos na linha de tratamento da fase líquida somente os caudais de retorno, resultantes das escorrências do tratamento de lamas (sobrenadantes do espessador, do digestor e águas de escorrência do equipamento de desidratação, quando existente), sendo afluentes ao tratamento biológico apenas as cargas associadas a estes caudais. Em oposição, quando a introdução do conteúdo de fossas sépticas é efectuada na linha de tratamento da fase líquida, o impacte nesta é causado directamente pela adição e indirectamente através do acréscimo de cargas afluentes dos caudais de retorno (USEPA, 1984).

O conteúdo das fossas sépticas poderá ser adicionado em vários pontos da linha de tratamento da fase sólida, mas deverá sempre assegurar-se que estas sejam estabilizadas, quer por via biológica ou química devido às suas características insalubres (USEPA, 1984).

#### 9.4.2. Introdução na etapa de espessamento

O espessamento de lama é um processo utilizado para a redução de volume de lamas previamente à etapa de digestão ou de desidratação numa ETAR. Os métodos mais comuns para espessar as lamas incluem o espessamento gravítico e a flotação por ar dissolvido.

O impacto da adição do conteúdo de fossas sépticas num espessador depende do tipo de processo. Uma vez que estas lamas apresentam uma fraca sedimentabilidade, conforme já referido, a sua introdução num espessador gravítico não é uma boa solução, pois a eficiência de espessamento da mistura das lamas provenientes do decantador secundário e das lamas provenientes de fossas sépticas iria ser muito afectada e o seu armazenamento durante o tempo de retenção iria causar problemas de odores. Em casos em que a ETAR apresenta uma etapa de espessamento gravítico, a melhor solução é introduzir as lamas provenientes de fossas sépticas directamente no digestor anaeróbio (USEPA, 1984).

Se, por outro lado, a etapa de espessamento consistir numa flotação por ar dissolvido, a introdução de lamas de fossas sépticas será uma opção bastante atractiva. O espessamento deste tipo de lamas numa flotação por ar dissolvido apresenta uma eficiência muito mais elevada do que o espessamento gravítico e como é introduzida uma grande quantidade de ar no sistema, não irão ocorrer problemas de cheiro (USEPA, 1984).

#### 9.4.3. Introdução na etapa de digestão anaeróbia

Em ETAR de dimensões consideráveis, a digestão de lamas é uma etapa normalmente presente, que promove a sua estabilização por via biológica. No capítulo 8 foi referido que as lamas de fossas sépticas poderiam ser individualmente estabilizadas através deste processo. Verifica-se, então que a introdução destas na digestão de lamas de uma ETAR é uma opção bastante benéfica para a qualidade final das lamas.

Devido ao elevado tempo de retenção no interior da fossa séptica (1, 2 ou mais anos), as lamas provenientes de fossas sépticas apresentam características anaeróbias, favoráveis à sua introdução na etapa de digestão anaeróbia na linha de tratamento de lamas de uma ETAR (USEPA, 1984).

Conquanto, alguns estudos efectuados demonstraram a proporção de lamas de fossas sépticas a digerir em conjunto com as lamas provenientes da linha de tratamento da fase líquida da ETAR não deveria exceder os 15%. Para além disso, na digestão conjunta a carga de sólidos não deverá ultrapassar o valor de  $1,28 \text{ kg SSV/m}^3 \cdot \text{dia}$  e o tempo de retenção não deverá exceder os 30 dias (USEPA, 1984).

Em termos de dimensionamento do digestor, os critérios adoptar no caso da digestão anaeróbia conjunta poderão ser os mesmos da digestão de lamas convencional. No entanto, a quantidade de lamas de fossas sépticas a adicionar no digestor deverá ter em consideração que a carga orgânica total da mistura deverá encontrar-se no intervalo de 0.5 a 1.6kg SSV/m<sup>3</sup>/dia (USEPA, 1984).

#### 9.4.4. Introdução na etapa de desidratação

As lamas provenientes de fossas sépticas possuem propriedades que dificultam a sua desidratação e estudos efectuados demonstram que para obter uma eficiência de desidratação satisfatória destas lamas, estas deverão ser estabilizadas previamente, nomeadamente por via biológica. Assim, não é recomendado que a introdução das lamas de fossas sépticas seja efectuada directamente a montante da etapa de desidratação (USEPA, 1984).



## **10. SISTEMA DE LAMAS ACTIVADAS**

### **10.1. Enquadramento**

O processo de lamas activadas é o processo de tratamento de águas residuais por via biologia mais amplamente utilizado actualmente, sendo implementado quer no tratamento de águas residuais domésticas, quer de águas residuais industriais (Gray, 2004).

O processo foi concebido e desenvolvido num processo unitário em grande escala no início do século XX por Arden e Lockett (Gray, 2004), mas os antecedentes do processo remontam à década de 1880, em que o Dr. Angus Smith se dedicou à investigação do efeito do arejamento das águas residuais na degradação da matéria orgânica (Metcalf & Eddy, 2003).

O processo de lamas activadas utiliza os microrganismos e bactérias que se encontram na massa de água residual, que se encarregam do fenómeno biológico de degradação da matéria orgânica (Gray, 2004).

O processo de lamas activadas consiste, essencialmente, em três fases distintas (Metcalf & Eddy, 2003) (WEF, 2003):

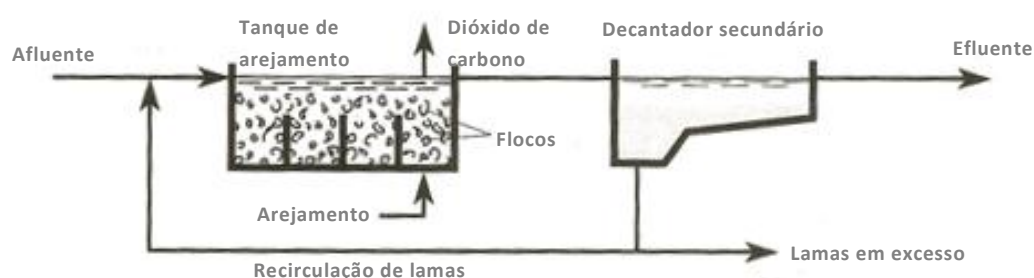
- 1) Mistura da água residual com a lama biológica no reactor (tanque de arejamento), onde irá ser promovido o arejamento dessa mistura (denominada de licor misto) e a proliferação de microrganismos que degradam a matéria orgânica presente na água residual;
- 2) Operação de decantação, onde por acção da gravidade, a lama biológica se separa da água residual tratada;
- 3) Recirculação da lama sedimentada para o tanque de arejamento de modo a assegurar uma população microbiológica concentrada capaz de degradar os constituintes da água residual afluente.

No Quadro 10.1 apresenta-se um resumo das componentes do processo de lamas activadas.

**Quadro 10.1 – Componentes do processo de lamas activadas. (Fonte: Gray, 2004)**

Componente	Descrição
<b>Reactor biológico</b>	Em termos de concepção, o reactor biológico pode ser um tanque, uma lagoa ou vala. O principal critério é que o seu conteúdo seja adequadamente arejado e misturado. O reactor biológico é normalmente designado por tanque de arejamento.
<b>Lama activada</b>	A lama activada consiste na biomassa microbiana que se encontra no interior do tanque de arejamento. Esta biomassa é constituída, principalmente por bactérias e outros tipos de microfauna e flora. A lama é basicamente, uma suspensão floculenta destes microrganismos, e normalmente é designada de licor misto. A concentração do licor misto é expressa em concentração de sólidos suspensos (Mixed Liquor Suspended Solids - MLSS).
<b>Sistema de arejamento e mistura</b>	A mistura e arejamento do licor misto são essenciais durante o processo. Normalmente é utilizado um sistema que tenha ambas as funções, mas em alguns casos são utilizados equipamento independentes.
<b>Sedimentação (decantador secundário)</b>	É necessário proceder-se à sedimentação da lama activada que sai do reactor biológico por força do fluxo de água residual afluyente. Esta operação unitária terá como consequência a separação da biomassa microbiana do efluente tratado.
<b>Lama recirculada</b>	A lama activada sedimentada no decantador secundário é recirculada de volta para o interior do tanque de arejamento de modo a garantir a concentração adequada de microrganismos para assegurar a continuidade do tratamento.

Na Figura 10.1 encontra-se representado um esquema do seu funcionamento.



**Figura 10.1 – Esquema de funcionamento de um sistema de lamas activadas. (fonte: Henze e tal, 2002)**

Uma vez que o processo de lamas activado é um processo biológico, este depende de uma população microbiana densa, em que sob circunstâncias de alimento e oxigénio



ilimitadas, irá se desenvolver tendo como resultado fenómenos de respiração que resultam na utilização da matéria orgânica presente (Gray, 2004).

O processo de lamas activadas deverá ser operado o mais próximo possível das condições limitantes em termos de alimento de modo a estimular a respiração endógena, em que os organismos utilizam a sua própria matéria celular para obtenção de energia, reduzindo, assim, a quantidade de biomassa produzida. Em condições normais de operação o crescimento da população de microrganismos e a acumulação de sólidos não degradáveis pela via biológica resultam num acréscimo da quantidade de lama produzida (Gray, 2004).

Inicialmente, o processo da lamas activadas foi concebido com o objectivo da remoção da matéria orgânica carbonatada, mas desenvolvimentos posteriores revelaram que este processo obtinha resultados na remoção de nutrientes como o azoto e fósforo, se fossem feitas alterações ao processo ao nível do arejamento do licor misto.

## **10.2. Factores operacionais do processo de lamas activadas**

### **10.2.1. Sólidos suspensos no licor misto**

A concentração de MLSS é um modo grosseiro de determinar a quantidade de biomassa que se encontra no interior do tanque de arejamento. Este parâmetro é utilizado para o cálculo de um conjunto de outros parâmetro operacionais do processo de lamas activadas e é expresso em mg/l (Gray, 2004).

Uma parte dos MLSS pode ser inorgânica e em alguns casos pode-se tratar de uma porção elevada. De modo a se estimar a quantidade de fracção orgânica presente nas lamas, calcula-se a matéria volátil presente nos MLSS sujeitando-os a altas temperaturas (cerca de 500°C) numa mufla. Os sólidos que resultam consistem nos sólidos não voláteis, enquanto que a diferença entre os MLSS e este último consiste nos sólidos suspensos voláteis no licor misto (mixed liquor volatile suspended solids – MLVSS) (Gray, 2004).

Note-se que este método, no entanto, não permite distinguir o material bioquimicamente activo do inerte, requerendo um processo bastante mais complexo para a sua estimativa. A proporção de microrganismos activos no MLVSS irá variar consoante as condições operacionais e a quantidade de sólidos volátil presente na água residual.

A concentração de MLSS é controlada através da purga de lamas do reactor biológico. Teoricamente, quanto maior for a concentração de MLSS no tanque de arejamento, maior será a eficiência do processo, uma vez que existe uma quantidade maior de biomassa para utilizar o substrato. No entanto, existem factores limitantes da

concentração de MLSS, como a disponibilidade de oxigénio no tanque de arejamento e a capacidade de sedimentação do decantador secundário (Gray, 2004).

### 10.2.2. Carga mássica

A carga mássica ( $F/M$ ) é um *ratio* que traduz a quantidade de substrato disponível para a biomassa existente no interior do tanque de arejamento num processo de lamas activadas.

De acordo com o seu valor o sistema poderá ser classificado de sistema de oxidação total, de baixa carga ou arejamento prolongado, de média carga ou arejamento convencional ou de alta carga ou de arejamento rápido (Amaral, 2006b).

Num sistema de oxidação total o valor de  $F/M$  é inferior a 0.03 kg  $CBO_5$ /kg MLVSS.dia. Valores de  $F/M$  entre 0.03 e 0.135 kg  $CBO_5$ /kg MLVSS.dia correspondem a um sistema de arejamento prolongado enquanto que um sistema de arejamento convencional é operado com valores de  $F/M$  entre 0.2 e 0.5 kg  $CBO_5$ /kg MLVSS.dia. Finalmente, um sistema de arejamento rápido é operado com valores de  $F/M$  entre 1.5 e 5.0 kg  $CBO_5$ /kg MLVSS.dia (Amaral, 2006b).

Quando o valor de  $F/M$  é elevado os microrganismos encontram-se na fase de crescimento exponencial, em que com o excesso de substrato, a taxa metabólica está ao máximo atingindo uma elevada remoção de  $CBO_5$ . No entanto, nestas condições os microrganismos não formam flocos, encontrando-se mais dispersos no licor misto, tornando a operação de sedimentação menos eficiente (Gray, 2004).

Uma vez que o substrato se encontra em excesso nem toda a matéria orgânica existente irá ser degradada podendo conduzir a concentrações elevadas de  $CBO_5$  no efluente final.

Por outro lado, um valor de  $F/M$  baixo coloca os microrganismos em condições limitantes de substrato, embora possam ocorrer valores elevados da taxa metabólica quando a lama recirculada é misturada com a água residual afluente. Quando o substrato começa a escassear a taxa metabólica decresce rapidamente até os microrganismos entrarem na fase de respiração endógena. Com valores de carga mássica baixos, a oxidação da matéria orgânica é quase total, resultando num efluente tratado com concentrações de  $CBO_5$  muito baixas e uma lama com grande decantabilidade. O valor de  $F/M$  pode ser controlado no processo através da purga de lamas (Gray, 2004).

### 10.2.3. Idade de lamas

Segundo Metcalf & Eddy (2003), a idade de lamas ( $\theta$ ) representa, basicamente o tempo médio em que a lama permanece no sistema e é calculada dividindo o total dos sólidos na lama pela taxa de perda de lama no sistema (Gray, 2004).

Este é o parâmetro mais crítico no dimensionamento de um sistema de lamas activadas, uma vez que condiciona o desempenho do processo, o volume do tanque de arejamento, a produção de lamas e as necessidades de oxigénio (Metcalf & Eddy, 2003).

A idade de lamas é um factor operacional, permitindo controlar a actividade da lama uma vez que reproduz a taxa de crescimento específico da lama e portanto pode ser considerado como uma medida da actividade da lama.

Uma idade de lamas reduzida (< 0.5 dias) representa uma lama com uma taxa de crescimento elevada como que se utiliza em sistema de lamas activadas de alta carga ou de tratamento parcial, enquanto que uma idade de lamas elevada (> 15 dias) indica uma lama com uma taxa de crescimento reduzida, como a que se utiliza em sistema de lamas activadas de arejamento prolongado. Os sistemas de arejamento convencional, normalmente recorrem a uma idade de lamas entre 3 a 4 dias, apresentando uma boa sedimentabilidade. No entanto verifica-se que, a uma idade de lamas acima de 6 dias ou entre 0.5 e 3 dias corresponde uma redução significativa na sedimentabilidade (Gray, 2004).

À semelhança do parâmetro F/M, a idade de lamas é controlada através da purga de lamas.

### 10.2.4. Índice de volume de lamas (IVL)

As características de sedimentabilidade do licor misto terão de ser consideradas no dimensionamento do decantador secundário de modo a que a separação sólido-líquido seja efectiva (Metcalf & Eddy, 2003).

A maior parte dos problemas que afectam o processo de lamas activadas prendem-se com a fraca sedimentabilidade das lamas. Assim, torna-se imperativo que se recorra a um método célere e simples de avaliar a sedimentabilidade da lama de modo a garantir uma boa separação da fase sólida da líquida no decantador secundário garantindo assim, uma lama recirculada e purgada com uma concentração elevada e um efluente tratado com um baixo teor em sólidos (Gray, 2004).

O índice de volume de lamas (IVL) é um parâmetro que revela as características de floculação e sedimentabilidade de uma lama. (Henze et al, 2002) O IVL, por definição é o volume ocupado por 1 g de lama após sedimentar 30 minutos e é determinado

colocando uma amostra do licor misto num cilindro graduado de 1 ou 2 L e medindo o volume da lama sedimentada passados 30 minutos. O valor de IVL é dado pela Equação 10-1 (Metcalf & Eddy, 2003).

#### Equação 10-1

$$\text{IVL (mL/g)} = \frac{\text{Volume da lama sedimentada ( mL/L )}}{\text{MLSS ( g/L )}}$$

Tendo em conta que o teste de IVL é um teste empírico é natural que tenha um erro significativo associado e de modo a evitar resultados erróneos foram sendo introduzidas algumas alterações ao teste ao longo do tempo (Metcalf & Eddy, 2003).

Um exemplo dessas alterações é o cálculo do IVL diluído ( $\text{IVL}_D$ ) que permite uma redução do erro associado e permite uma comparação de valores de IVL entre lamas de diferentes características (Metcalf & Eddy, 2003).

Segundo Jenkins et al (2004) o  $\text{IVL}_D$  pode ser determinado efectuando diluições da amostra de licor misto até que o volume de lama sedimentada seja igual ou inferior a 250 mL, de modo a minimizar interferências resultantes do efeito parede, calculando *a posteriori* o valor de  $\text{IVL}_D$  de acordo com o método do IVL tradicional descrito na Equação 10-1 considerando o valor de MLSS da amostra diluída.

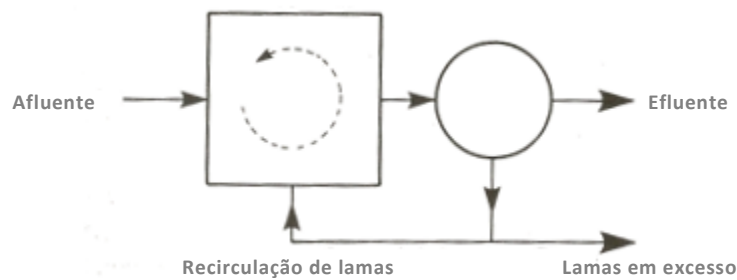
Outra variação do teste de IVL é adicionando um agitador de velocidade baixa, que evita também as interferências do efeito parede. A este teste dá-se o nome de IVL agitado ( $\text{IVL}_A$ ), sendo um teste amplamente utilizado na Europa (Metcalf & Eddy, 2003).

### 10.3. Regime hidráulico

#### 10.3.1. Mistura completa

Num reactor em mistura completa assume-se o pressuposto que a mistura completa ocorre instantaneamente e de um modo uniforme em todo o reactor assim que as partículas entram neste. Verifica-se que a carga orgânica, a concentração de MLSS e a taxa de respiração são uniformes em todo o volume do reactor (Metcalf & Eddy, 2003). Na Figura 10.2 apresenta-se uma representação esquemática de um sistema em mistura completa.

Tanque de arejamento      Decantador  
secundário



**Figura 10.2 – Diagrama esquemático de um sistema de lamas activadas em mistura completa. (fonte: Gray, 2004)**

A água residual afluente e a lama recirculada afluentes ao reator são imediatamente misturadas com o licor misto existente no interior e consequentemente diluídas na água já depurada, assegurando condições uniformes no interior do reator. Esta diluição imediata permite amortecer os choques de carga orgânica ou tóxica que poderão advir de efluentes carregados (Gray, 2004).

No entanto terá de se ter em atenção aos pontos de entrada de água residual e de recirculação de lamas e a saída do licor misto para o decantador secundário, de modo a evitar curto-circuitos hidráulicos no sistema.

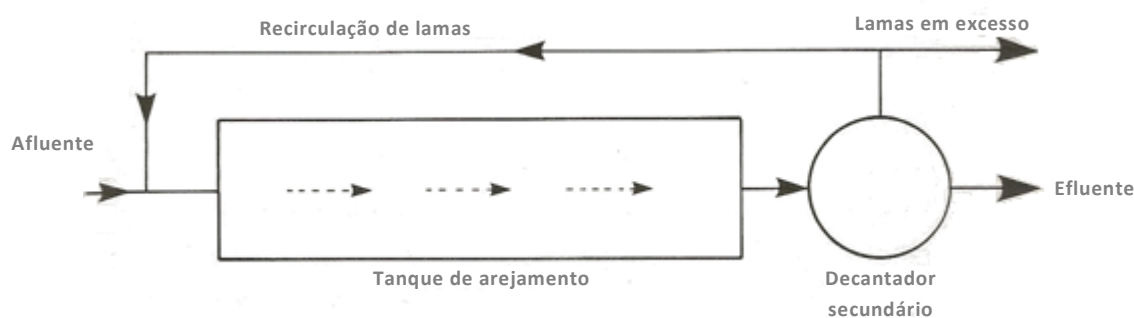
Em termos operacionais, o factor mais importantes de um reator em mistura completa é a eficiência de agitação e arejamento do licor misto (Gray, 2004).

Os reactores de mistura completa são bastante simples de operar, no entanto tendem a apresentar valores baixos de F/M e de oxigénio dissolvido (OD), condições favoráveis ao desenvolvimento de bactérias filamentosas causando problemas de sedimentação (*bulking*) (Metcalf & Eddy, 2003).

### 10.3.2. Fluxo Pistão

Num reator de fluxo-pistão o fluido atravessa o reator, ocorrendo pouca ou nenhuma mistura longitudinal, e saem do reator pela mesma sequência com que entraram, permanecendo no interior do reator durante um período de tempo igual ao tempo de retenção teórico (Metcalf & Eddy, 2003).

No sistema convencional de fluxo-pistão, tanto a água residual como a lama recirculada são adicionadas no final do reator de forma rectangular, com uma relação comprimento-largura elevada (geralmente superior a 10:1). Na Figura 10.3 encontra-se uma representação esquemática do sistema de fluxo-pistão (Gray, 2004).



**Figura 10.3 – Diagrama esquemático de um sistema de lamas activadas de fluxo-pistão. (fonte: Gray, 2004)**

O reactor é equipado por um sistema de arejamento por difusores, ou menos frequentemente, por arejadores de superfície, de modo a fornecer o oxigénio ao licor misto ao longo da extensão do tanque (Gray, 2004).

Neste tipo de reactores verifica-se uma elevada carga orgânica à entrada da água residual, que vai decrescendo à medida que avança ao longo do trajecto que tem de percorrer no interior do tanque, uma vez que a matéria orgânica vai sendo consumida. Na parte final do reactor o consumo de oxigénio deve-se essencialmente à respiração endógena, permitindo obter um efluente final com elevado (OD), aspecto que é mais complexo de obter no caso de reactor de mistura completa, uma vez que todo o conteúdo do tanque teria de ser mantido a esse nível de OD para atingir esse mesmo objectivo (WEF, 2003).

Nos projectos iniciais o arejamento do licor misto era efectuado uniformemente em toda a extensão do tanque, no entanto verificou-se que na parte inicial do reactor o OD encontrava-se normalmente a valores muito baixo. Actualmente este problema é contornado implementando o arejamento do licor misto de acordo com as necessidades efectivas de oxigénio dentro do reactor, ou seja, aplicando taxas de arejamento mais elevadas no início do trajecto e mais baixas no final (Metcalf & Eddy, 2003).

Uma outra vantagem deste tipo de reactores é o facto de ter uma maior capacidade para lidar com choques de carga, minimizando a possibilidade de existir passagem de substrato não tratado durante picos de caudal (WEF, 2003).

## **10.4. Regime de funcionamento**

### **10.4.1. Regime contínuo**

Num regime contínuo de funcionamento de lamas activadas, o tanque de arejamento e o decantador secundário encontram-se em sequência, e o fluxo de efluente processa-se em contínuo contínuo, ou seja o caudal que entra no tanque de arejamento é igual

ao que sai no decantador secundário. O caudal afluente ao tanque de arejamento é igual ao que entra na ETAR, através das afluências à instalação, ou poderá ser constante se a montante existir uma etapa de equalização de caudal.

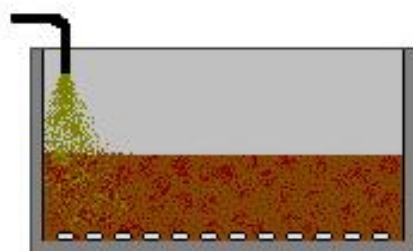
#### 10.4.2. Regime descontínuo

O processo de lamas activadas também poderá ser operado em regime descontínuo, designado por *Sequential Batch Reactor* (SBR).

O processo de SBR ocorre num reactor de enchimento e extracção, que é operado em mistura completa depois da fase de enchimento, em que as fases de arejamento e sedimentação ocorrem no interior do mesmo tanque. Todos os sistemas de SBR possuem as mesmas fases sequenciais durante a ocorrência de um ciclo, sendo estas: fase de enchimento, fase de reacção, fase de decantação, fase de extracção e fase de espera. Na Figura 10.4 encontram-se representados as diferentes fases de um ciclo do sistema SBR (Metcalf & Eddy, 2003).

## DURAÇÃO DO CICLO (%)

25

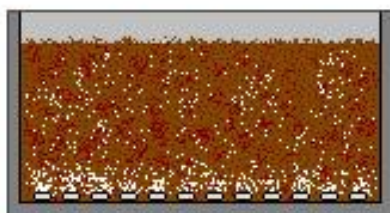


### ENCHIMENTO

Arejamento ON/OFF

Introdução de água residual

35

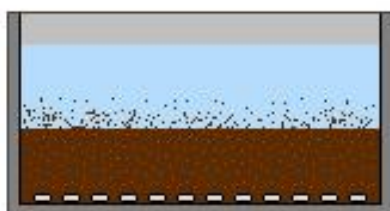


### REACÇÃO

Arejamento ON

Período de reacção

20



### SEDIMENTAÇÃO

Arejamento OFF

Período de clarificação do efluente

15



### EXTRACÇÃO

Arejamento OFF

Extracção do efluente clarificado

5



### ESPERA

Arejamento OFF

Extracção de lamas

**Figura 10.4 – Fases sequenciais de cada ciclo do processo de SBR**

As fases sequenciais apresentadas na Figura 10.4 são realizadas repetidamente no mesmo reator, em que cada ciclo completo tem a duração de 4 a 48 horas e cuja idade de lamas corresponde a um valor entre 15 e 70 dias. Neste caso, o valor de F/M varia consoante a duração de cada ciclo, mas normalmente encontra-se dentro do intervalo de 0.03 a 0.18 kg CBO/kg MLVSS.dia. (Gray, 2004).

Operar um sistema de lamas activadas em SBR permite um maior controlo operacional sobre as condições do licor misto, principalmente no que toca ao oxigénio dissolvido e



às condições redox. Assim, o SBR é amplamente utilizado na nitrificação, desnitrificação e remoção biológica de nutrientes das águas residuais (Gray, 2004).



## **11. DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE AREJAMENTO DE UMA ETAR COM RECEPÇÃO DO CONTEÚDO DE FOSSAS SÉPTICAS**

### **11.1. Enquadramento**

Conforme já discutido no capítulo 9, o co-tratamento do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento de uma ETAR de lamas activadas terá um impacte directo no tanque de arejamento, quer ao nível do volume de reacção necessário, quer ao nível das necessidades de arejamento.

Nesse mesmo capítulo, foi referido que, segundo ATV (1985), a etapa de tratamento biológico de uma ETAR receptora deste tipo de material deveria estar dimensionada para servir uma população equivalente igual ou superior a 10 000 hab.eq.

Da análise efectuada no capítulo 4, retira-se que, em Portugal a maioria das FSC se encontram em zonas com aglomerados populacionais de dimensões reduzidas e em zonas potencialmente rurais. Em zonas afastadas dos centros populacionais verifica-se que existem habitações isoladas que também essas são servidas por uma fossa séptica individual.

Para fazer face à necessidade de tratamento do conteúdo de fossas sépticas destes aglomerados populacionais, existe a possibilidade de estes efluentes serem encaminhados para ETAR que servem os centros populacionais mais densos, mas verifica-se muitas vezes, que estas ETAR têm capacidade de tratamento inferior aos 10 000 hab.eq, recomendados em ATV (1985).

Surge, então, a necessidade de se analisar quais os impactes no reactor biológico de ETAR de dimensões reduzidas, resultantes da introdução do conteúdo de fossas sépticas na linha de tratamento da fase líquida.

Ao longo do tempo o co-tratamento do conteúdo de fossas sépticas em ETAR tem vindo a ser considerado logo ao nível de projecto, sendo que no dimensionamento da linha de tratamento surge à partida uma dificuldade que se prende com os dados de base a considerar: quais as características e quantidade de lamas provenientes de fossas sépticas a receber na ETAR?

Verifica-se que, muitas vezes os projectistas adoptam os valores de concentração de constituintes que se encontram na literatura, nomeadamente o que se encontram em USEPA (1984), para a definição das afluências à ETAR provenientes do conteúdo de fossas sépticas. Estes valores podem ser considerados bastante elevados para o caso português, e a sua utilização poderá conduzir a um sobredimensionamento do reactor biológico e etapas subsequentes, ou então a uma restrição exacerbada na recepção destes efluentes.

No entanto, a escassez de estudos nesta área em Portugal não permite efectuar uma aferição dos valores a adoptar no dimensionamento de ETAR com recepção de fossas sépticas, não tendo sido realizado até à data um levantamento exaustivo dos valores de concentração dos constituintes de fossas sépticas nas diversas zonas do país.

Pretende-se assim, efectuar uma análise aos efeitos da adição do conteúdo de fossas sépticas no tanque de arejamento de uma ETAR de lamas activadas de arejamento prolongado sem tratamento terciário, tendo em conta diversos valores de concentração dos seus constituintes, presentes em literatura diversa e tendo em conta diferentes capacidades de tratamento da ETAR, de modo a poder avaliar-se qual a sua influência na definição dos dados de base do dimensionamento deste órgão. Deste modo, foram definidos 6 cenários diferentes de valores de concentração constantes na literatura para serem avaliados para 10 situações diferentes de população equivalente servida.

A escolha do sistema de lamas activadas de arejamento prolongado deve-se a duas razões essenciais: (1) o facto de normalmente não incluir a etapa de tratamento primário, que reduz a carga afluente ao tanque de arejamento, sendo deste modo a situação mais desfavorável; (2) o facto de este tipo de sistema ter maior expressão em ETAR de reduzidas dimensões em Portugal.

Para a realização deste estudo foi considerado que a linha de tratamento da ETAR receptora seria composta pelas seguintes etapas:

➤ Linha de tratamento da fase líquida:

- Tratamento preliminar (incluindo gradagem, desarenamento e desengorduramento);
- Estação de recepção do conteúdo de fossas sépticas (incluindo pré-tratamento e equalização);
- Tratamento biológico por sistema de lamas activadas de arejamento prolongado;

➤ Linha de tratamento da fase sólida:

- Espessamento gravítico das lamas;
- Desidratação mecânica das lamas por filtro banda;
- Armazenamento de lamas desidratadas.

Nos pontos seguintes serão descritos os critérios e pressupostos adoptados, a definição dos cenários de população e de concentração de poluentes no conteúdo de fossas sépticas. Os resultados obtidos na análise serão apresentados no capítulo 12.

## 11.2. Dados de Base

### 11.2.1. População

Uma vez que o estudo incide na problemática da recepção das lamas provenientes da limpeza das fossas sépticas em ETAR de pequenas dimensões, foram adoptados 10 valores de população servida, cujos valores variam entre 500 e 15 000 hab. eq., e que se apresentam no Quadro 11.1.

**Quadro 11.1 – Valores de população equivalente servida adoptados no estudo.**

Caso	População (hab)
1	500
2	800
3	1 000
4	2 000
5	4 000
6	6 000
7	8 000
8	10 000
9	12 000
10	15 000

A selecção dos valores constantes no Quadro 11.1 foi efectuada tendo em vista a análise dos efeitos da introdução do conteúdo de fossas sépticas na etapa de tratamento biológico em ETAR de dimensões inferiores ao referido em ATV (1985), ou seja inferiores a 10 000 hab.eq. No entanto, admitiu-se considerar três casos em que o valor de população seria igual ou superior a esta, de modo a verificar-se o impacto em ETAR de dimensões semelhantes ao considerado em ATV (1985).

### 11.2.2. Capitação de água no consumidor, coeficiente de afluência à rede de drenagem e capitação de constituintes da água residual

Conforme se verificou através do Quadro 3.2, as capitações de água residual em Portugal variam entre 126 e 197 L/hab.dia, sendo um valor médio de 157 L/hab.dia para Portugal Continental, valores estes que foram estimados tendo em conta tanto a população residente como a flutuante.

Para a realização deste estudo, admitiram-se pressupostos um pouco mais conservativos no que concerne a capitação de águas residuais. Assim sendo, adoptou-se uma capitação de água de abastecimento no consumidor igual a 150 L/hab.dia, que multiplicada por um factor de afluência à rede de drenagem igual a 0.8, resulta numa capitação de águas residuais de 120 L/hab.dia.

Foram ainda admitidas as capitações para os constituintes da água residual que se apresentam no Quadro 11.2.

**Quadro 11.2 – Capitações dos constituintes da água residual admitidas no estudo.**

Parâmetro	Capitação (g/hab.dia)
<b>CBO<sub>5</sub></b>	60.0 <sup>(*)</sup>
<b>CQO</b>	90.0 <sup>(*)</sup>
<b>SST</b>	70.0
<b>N total</b>	9.0
<b>P total</b>	2.5

(\*) Valores admitidos tendo como base a definição de equivalente populacional constante do Decreto-Lei n.º152/97 de 19 de Junho e uma relação CQO/CBO<sub>5</sub> igual a 1.5

### 11.2.3. Caudais e concentrações de cargas orgânicas e sólidos do conteúdo de fossas sépticas

A definição dos caudais e cargas poluentes afluentes à ETAR, provenientes da limpeza das fossas sépticas foi um ponto essencial deste estudo. Neste sentido, e de modo estudar a influência das cargas poluentes provenientes do conteúdo de fossas sépticas no dimensionamento do tanque de arejamento, foram definidos os cenários de concentração dos constituintes do conteúdo de fossas sépticas indicados no Quadro 11.3, segundo a literatura disponível.

**Quadro 11.3 – Cenários de concentração dos constituintes das lamas provenientes da limpeza de fossas sépticas adoptada no estudo.**

Parâmetro	Unidade	Cenários de Concentração - Literatura					
		1	2	3	4	5	6
<b>CBO<sub>5</sub></b>	mg/L	7 000	2 300	2 000	1 600	10 300	4 000
<b>CQO</b>	mg/L	15 000	15 700	10 000	5 750	42 550	8 500
<b>SST</b>	mg/L	15 000	1 266	7 000	2 600	45 000	8 500
<b>N total Kjeldahl</b>	mg/L	700	1 100	800	n.d.	793	375
<b>P total</b>	mg/L	250	n.d.	n.d.	n.d.	171	155

nd - valor não disponível

- 1 USEPA, 1984. Valores indicados para o dimensionamento;
- 2 Koottatep et al, 2005. Dados referentes a Bangucoque;
- 3 Ingallinella et al, 2002;
- 4 Strauss, 1995, in Montagero & Belevi, 2007. Dados referentes à Jordânia;
- 5 Strauss, 1995, in Montagero & Belevi, 2007. Dados referentes à Noruega;
- 6 Cenário admitido.

Chama-se a atenção para o facto de os Cenários 1 a 5, terem como base estudos efectuados em diversos locais, e que foram vertidos na literatura consultada. Por sua vez, o Cenário 6 foi apesar de incluir valores admitidos, que não constam de nenhuma literatura consultada, teve como base todos os estudos constantes da bibliografia.

Pretendeu-se, com este Cenário, retratar uma situação intermédia entre os valores apresentados para os Cenários 1 a 5.

A escolha dos valores referentes ao Cenário 1 deveu-se ao facto de estes serem os recomendados pela USEPA, sendo amplamente utilizados pelos projectistas portugueses para dimensionamento de ETAR que incorporam o tratamento do conteúdo de fossas sépticas na linha líquida. Considerou-se, portanto, de extrema importância inclui-los neste estudo, com o intuito de se avaliar o impacto de considerar os valores do Cenário 1 no dimensionamento da ETAR, bem como a influência da adição das cargas orgânicas associadas ao conteúdo de fossas sépticas no funcionamento do tanque de arejamento, tendo em conta essas mesmas concentrações.

No que concerne os Cenários 2 a 5, foram seleccionados os valores indicados no Quadro 11.3, que correspondem aos resultados obtidos em estudos efectuado em alguns pontos do globo, e que pelos hábitos da população residente poderão retratar, com a devida margem de erro, as características do conteúdo de fossas sépticas de diversas zonas de Portugal. A margem de erro associada à selecção destes valores não poderá ser quantificada, uma vez que as características do conteúdo de fossas sépticas variam grandemente de local para local e também ao longo do tempo, conforme já referido.

No Quadro 11.4 apresentam-se os valores admitidos para o caudal diário de efluentes a incorporar no tanque de arejamento. Para a definição destes valores admitiu-se que, para uma ETAR de 10 000 hab.eq, o caudal máximo de lamas provenientes de fossas sépticas afluentes ao tanque de arejamento seria de 20m<sup>3</sup>/dia, conforme referido em ATV (1985) e que esse caudal seria equalizado na estação de recepção.

**Quadro 11.4 – Valores de caudal de lamas provenientes de fossas sépticas afluentes ao tanque de arejamento.**

Caso	Caudal de lamas (m <sup>3</sup> /dia)
1	0.00
2	0.25
3	0.50
4	1.50
5	5.00
6	10.00
7	15.00
8	20.00
9	25.00
10	30.00

### 11.3. Critérios de dimensionamento do tanque de arejamento

Conforme referido anteriormente, admitiu-se realizar o estudo para uma ETAR de sistema de lamas activadas de arejamento prolongado, uma vez que em Portugal a maioria das instalações que servem populações de dimensões algo reduzidas apresentam este tipo de tratamento.

Para o dimensionamento teórico do tanque de arejamento da ETAR consideraram-se os seguintes critérios de dimensionamento (Gray, 2004; Amaral, 2006b; Metcalf & Eddy, 2003):

- MLSS..... 4.0 kg MLSS/m<sup>3</sup>;
- MLVSS..... 3.0 kg MLVSS/m<sup>3</sup>;
- MLVSS/MLSS..... 0.75
- F/M..... 0.1 kg CBO<sub>5</sub>/kg MLVSS.dia;
- Carga volúmica (fv) ..... 0,3 kg CBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.dia;
- Factores para o cálculo do oxigénio requerido:
  - Síntese material celular (a) ..... 0.55 kg O<sub>2</sub>/kg CBO<sub>5</sub> removido;
  - Respiração endógena (b) ..... 0.06 kg O<sub>2</sub>/kg MLVSS;
- Idade de lamas..... > 15 dias;
- IVL ..... 125 mL/g.

### 11.4. Dimensionamento do tanque de arejamento para os cenários definidos

#### 11.4.1. Descrição geral

De modo a concretizar a análise objecto deste estudo, a simulação dos efeitos da introdução do conteúdo de fossas sépticas no reactor biológico foi efectuada em três etapas e cingiu-se a dois aspectos: às alterações ao volume necessário no tanque de arejamento e às necessidades de oxigénio para a degradação da CBO.

A primeira etapa consistiu na definição de uma situação de referência, em que se calculou o volume necessário do tanque de arejamento tendo em conta apenas os caudais e cargas afluentes relativos à população servida pela rede de drenagem, ou seja, tendo em conta apenas os valores de população descritos no Quadro 11.1 para



cada uma das situações e os valores de capitação e de coeficiente de afluência à rede referidos no ponto 11.2.2.

Para efeitos da estimativa dos caudais e cargas afluentes ao tanque de arejamento, foi efectuado o balanço de massas da ETAR para cada um dos valores de população servida, com base em Mano, (2007), de modo a se poder contabilizar os caudais de retorno das escorrências e sobrenadantes. Um exemplo do balanço de massa é apresentado no Anexo I à presente dissertação.

No Quadro 11.5 apresentam-se os valores de caudal médio diário e de cargas orgânicas e de sólidos afluentes ao tanque de arejamento, referentes a cada um dos cenários de população definidos.

**Quadro 11.5 – Valores de caudal médio diário e cargas orgânicas afluentes ao tanque de arejamento para cada valor de população.**

População	$Q_{\text{afl}}$ (m <sup>3</sup> /dia)	Carga CBO <sub>5</sub> , (kg/dia)	Carga SST, (kg/dia)	Carga NT, (kg/dia)	Carga PT, (kg/dia)
500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3
800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1
1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7
2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3
4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6
6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9
8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2
10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6
12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9
15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8

Numa segunda fase, foram calculadas as cargas orgânicas e de sólidos associadas aos valores de caudal de lamas de fossas sépticas a introduzir no tanque de arejamento, constantes no Quadro 11.4, para cada um dos cenários de concentração de constituintes desses efluentes (*vide* Quadro 11.3).

Finalmente, o terceiro passo consistiu no cálculo do volume necessário do tanque de arejamento e das necessidades de oxigénio, tendo em conta a introdução das cargas adicionais provenientes do conteúdo de fossas sépticas para cada um dos cenários, e a comparação destes valores com os da situação de partida.

Nos pontos seguintes serão apresentadas as bases de cálculo do volume do tanque de arejamento e das necessidades de oxigénio, bem como os valores obtidos para a situação de partida.

#### 11.4.2. Volume do tanque de arejamento

Para o cálculo do volume do tanque de arejamento ( $V_{TA}$ ) foi utilizada Equação 11-1 (Henze et al, 2002), em que  $Q_{afI}$  corresponde ao caudal médio diário afluente ao tanque de arejamento e  $C_{CBO}$  corresponde à concentração de CBO à entrada do reactor biológico.

##### **Equação 11-1**

$$V_{TA} = \frac{Q_{afI} \times C_{CBO}}{MLVSS \times F/M}$$

Da aplicação da Equação 11-1, e tendo em consideração os valores constantes no Quadro 11.5 e os critérios de dimensionamento definidos em 11.3, obtiveram-se os valores de volume do tanque de arejamento, para cada um dos cenários referidos, que se apresentam no Quadro 11.6.

**Quadro 11.6 – Valores de volume do tanque de arejamento para valor de população equivalente servida referentes à situação de partida.**

População equivalente (hab.eq)	$V_{TA}$ (m <sup>3</sup> )
500	112
800	180
1 000	225
2 000	451
4 000	902
6 000	1353
8 000	1804
10 000	2255
12 000	2706
15 000	3382

Os valores de  $V_{TA}$  apresentados no Quadro 11.6 correspondem à situação de referência, isto é, correspondem ao volume necessário para garantir a degradação da matéria orgânica sem a adição das cargas associadas ao conteúdo de fossas sépticas.

#### 11.4.3. Necessidades de oxigénio

No que concerne o cálculo das necessidades de oxigénio (NO) no tanque de arejamento foi utilizada a Equação 11-2 (Amaral, 2006b), em que  $a$  é o factor relacionado com a síntese de matéria celular,  $b$  é o factor relacionado com a respiração endógena e  $t_{afI}$  corresponde ao número de horas de afluência significativa.

### Equação 11-2

$$NO \text{ (kg O}_2\text{/h)} = \frac{a \times Q_{\text{afi}} \times C_{\text{CBO}}}{t_{\text{afi}}} + \frac{b \times V_{\text{AT}} \times \text{MLVSS}}{24}$$

Para a estimativa das necessidades de oxigénio para cada um dos cenários de população servida, foram tidos em conta os valores constantes no Quadro 11.5 e os critérios de dimensionamento definidos em 11.3. No Quadro 11.7 apresentam-se os valores estimados para as necessidades de oxigénio no tanque de arejamento, para cada um dos valores de população servida admitidos.

**Quadro 11.7 – Valores de necessidades de oxigénio no tanque de arejamento para cada valor de população equivalente servida referentes à situação de partida.**

População equivalente (hab.eq)	NO (kg O <sub>2</sub> /h)
500	2.8
800	4.5
1 000	5.6
2 000	11.3
4 000	22.5
6 000	33.8
8 000	45.1
10 000	56.4
12 000	67.6
15 000	84.6

Os valores de NO apresentados no Quadro 11.7 correspondem à situação de referência, isto é, correspondem às necessidades de oxigénio a suprimir para a efectiva degradação da matéria orgânica, sem ter em consideração a adição das cargas associadas ao conteúdo de fossas sépticas.

### **11.5. Análise do impacte da introdução do conteúdo de fossas sépticas no tanque de arejamento**

Estando a situação de referência definida, e tendo sido obtidos valores de volume do tanque de arejamento e de necessidades de oxigénio constantes dos Quadros 11.6 e 11.7, respectivamente, procedeu-se à avaliação do impacte de se introduzir o conteúdo de fossas sépticas no tanque de arejamento.

Esta análise foi efectuada com o intuito de se estimar a quantidade máxima de lamas de fossas sépticas que uma ETAR de sistema de lamas activadas de arejamento prolongado poderia encaixar na etapa de tratamento biológico, sem perturbar significativamente as suas condições de funcionamento, de modo a garantir uma boa qualidade de efluente final.

Para esse efeito, foi efectuado um novo balanço de massas da instalação, tendo em conta a adição das cargas orgânicas e caudais associados a esses efluentes na etapa de tratamento biológico, para cada um dos valores de volume adicionado, constantes no Quadro 11.4 e cada um dos cenários de concentração de constituintes, apresentados no Quadro 11.3.

Os valores de cargas e caudais obtidos com o balanço de massas para cada um dos cenários, permitiram calcular novos valores de volume necessário do tanque de arejamento e de necessidades de oxigénio, para o caso da introdução do conteúdo de fossas sépticas no rector biológico (de acordo com as equações Equação 11-1 Equação 11-2, respectivamente e adoptando os critérios de dimensionamento indicados em 11.3).

Neste caso admitiu-se que, para garantir a qualidade do efluente final e não haver perturbação das condições de funcionamento do tanque de arejamento, a etapa de tratamento biológico só poderia receber uma carga orgânica igual ou inferior a 10% da carga orgânica afluyente à ETAR através da rede de drenagem, para a qual estaria dimensionada a etapa de tratamento biológico.

Tendo em conta os critérios de dimensionamento definidos para o sistema de lammas activadas de arejamento prolongado, verifica-se que em termos de volume necessário o rector biológico poderá encaixar uma carga adicional proveniente do conteúdo de fossas sépticas superior a 10% da carga afluentes da rede de drenagem. Se o sistema for operado a uma razão F/M superior a 0.1 CBO<sub>5</sub>/kg MLVSS.dia, por exemplo, igual a 0.12 CBO<sub>5</sub>/kg MLVSS.dia, verifica-se que tanque de arejamento poderá suportar um aumento de 20% da carga afluentes da rede de drenagem, conforme se pode constatar através dos cálculos seguintes (exemplo para o caso de uma ETAR dimensionada para 2 000 hab.eq).

Segundo o Quadro 11.6 o V<sub>TA</sub> para uma ETAR dimensionada para 2 000 hab.eq corresponde a 451 m<sup>3</sup>. Se o sistema for operado a uma razão F/M de 0.12 CBO<sub>5</sub>/kg MLVSS.dia, verifica-se, segundo a Equação 11-1, que a carga orgânica afluyente ao rector biológico corresponde a:

***Equação 11-3***

$$X_{CBO} = V_{TA} \times MLVSS \times F/M = 451 \times 3 \times 0.12 = 162.4 \text{ kg CBO/dia}$$

De acordo com o Quadro 11.5, a carga orgânica afluyente ao rector biológico dimensionado para 2 000 hab.eq, corresponde a 135.2 kg CBO/dia.

Assim, tem-se que a diferença entre o valor encontrado na Equação 11-3 e o valor de 135.2 kg CBO/dia, referente às afluições da rede de drenagem (incluindo as cargas associadas aos caudais de retorno) é de 20%, conforme se pode constatar pelos cálculos que apresentam de seguida.

$$\frac{162.4 - 135.2}{135.2} = 0.20$$

Apesar de se ter chegado a este valor, optou-se por uma abordagem mais conservativa, admitindo-se um valor máximo de 10% da carga afluente da rede de drenagem para a carga adicional, proveniente do conteúdo de fossas sépticas. Esta opção foi tomada tendo em conta que, apesar de em termos de volume necessário, o sistema ser bastante flexível, em termos de necessidade de oxigénio isto não acontece, pois os equipamentos de arejamento são dimensionados para funcionar num determinado intervalo de valores, não permitindo uma variação tão elevada. Tendo em conta, as especificações deste tipo de equipamentos, considerou-se que 10% seria um valor razoável.



## 12. RESULTADOS OBTIDOS

### 12.1. Enquadramento

Nos pontos seguintes serão apresentados, graficamente, os resultados obtidos na análise efectuada, segundo os critérios definidos e os cálculos descritos no capítulo anterior. No Anexo II da presente dissertação encontra-se o quadro dos resultados que deu origem aos gráficos que se apresentam.

Os resultados serão apresentados para cada um dos cenários de concentração de constituintes do conteúdo de fossas sépticas da literatura disponível, de modo a se poder comparar a influência da utilização destes valores no dimensionamento da ETAR ou na avaliação da capacidade desta para receber este tipo de efluentes.

### 12.2. Adoptando os valores de concentração do Cenário 1

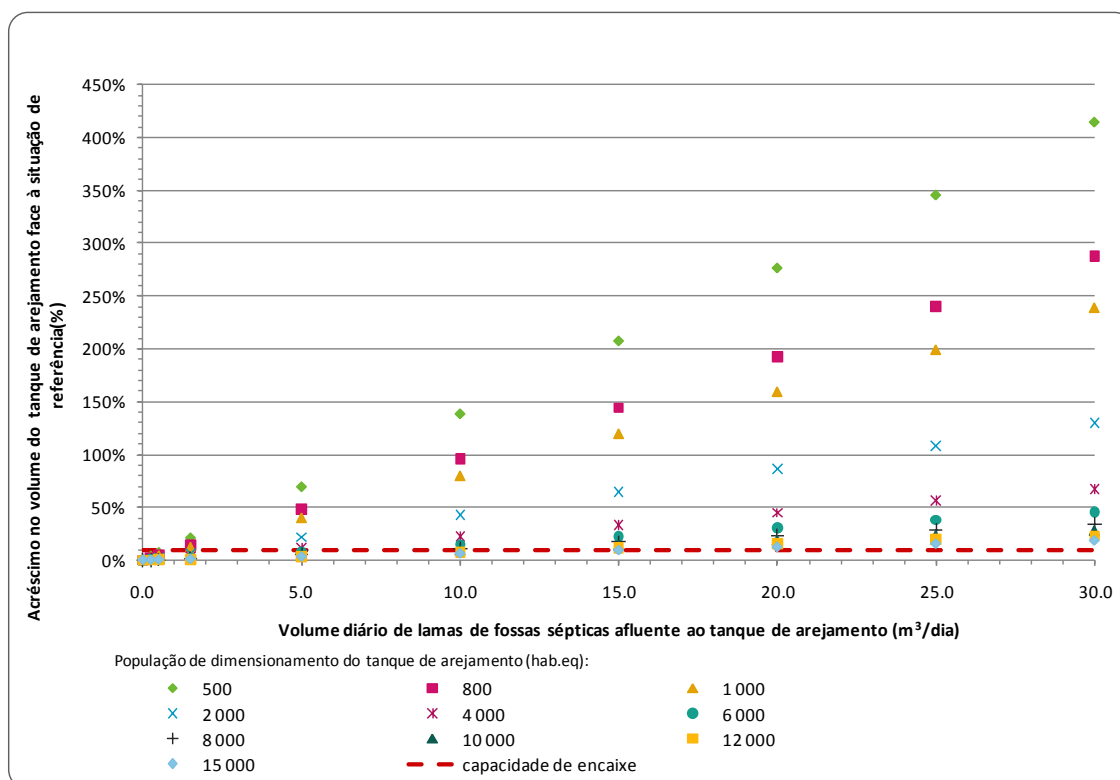
No Quadro 12.1 apresentam-se os valores adoptados de concentração dos constituintes das lamas de fossas sépticas para o Cenário 1.

**Quadro 12.1 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 1 (USEPA, 1984)**

Parâmetro	Unidade	Valor
CBO <sub>5</sub>	mg/L	7 000
CQO	mg/L	15 000
SST	mg/L	15 000
N total Kjeldahl	mg/L	700
P total	mg/l	250

#### 12.2.1. Impacte no volume do tanque de arejamento

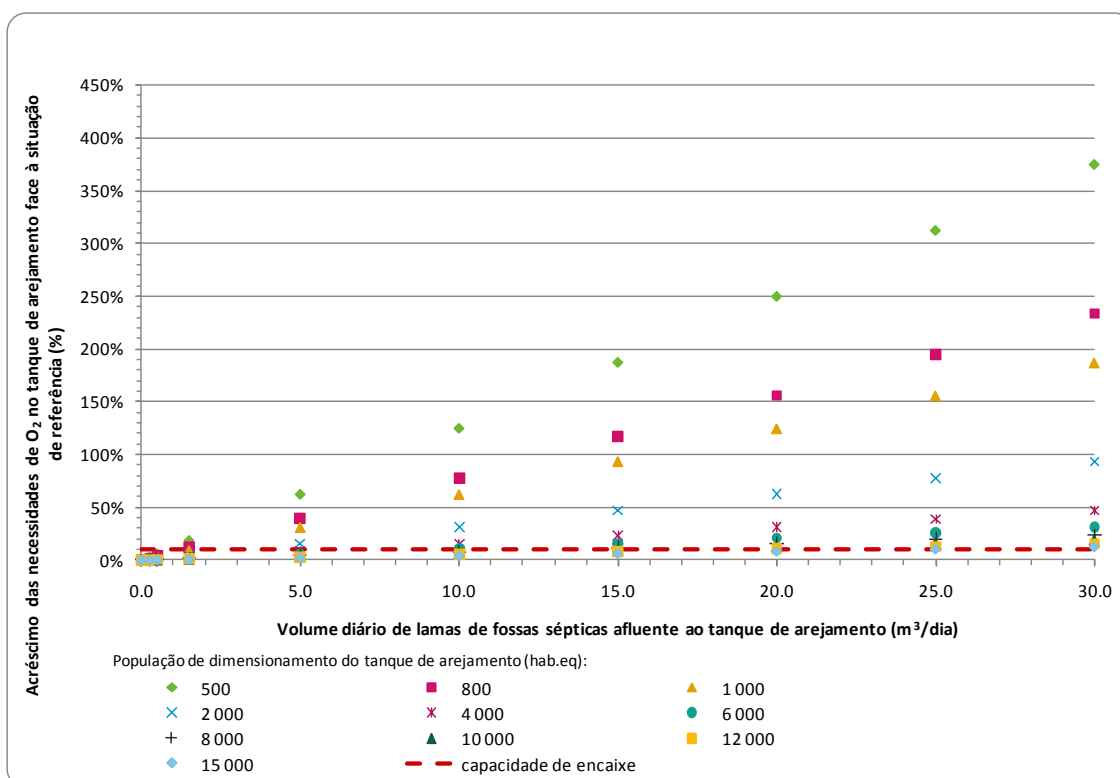
Na Figura 12.1 apresenta-se os resultados da análise do impacte no volume do tanque de arejamento causado pela introdução dos efluentes com as características apresentadas no Quadro 12.1.



**Figura 12.1 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 1.**

### 12.2.1. Impacte nas necessidades de oxigénio

Na Figura 12.2 apresentam-se os resultados obtidos para as necessidades de oxigénio calculadas segundo os valores constantes no Quadro 12.1.



**Figura 12.2 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 1.**



### 12.3. Adoptando os valores de concentração do Cenário 2

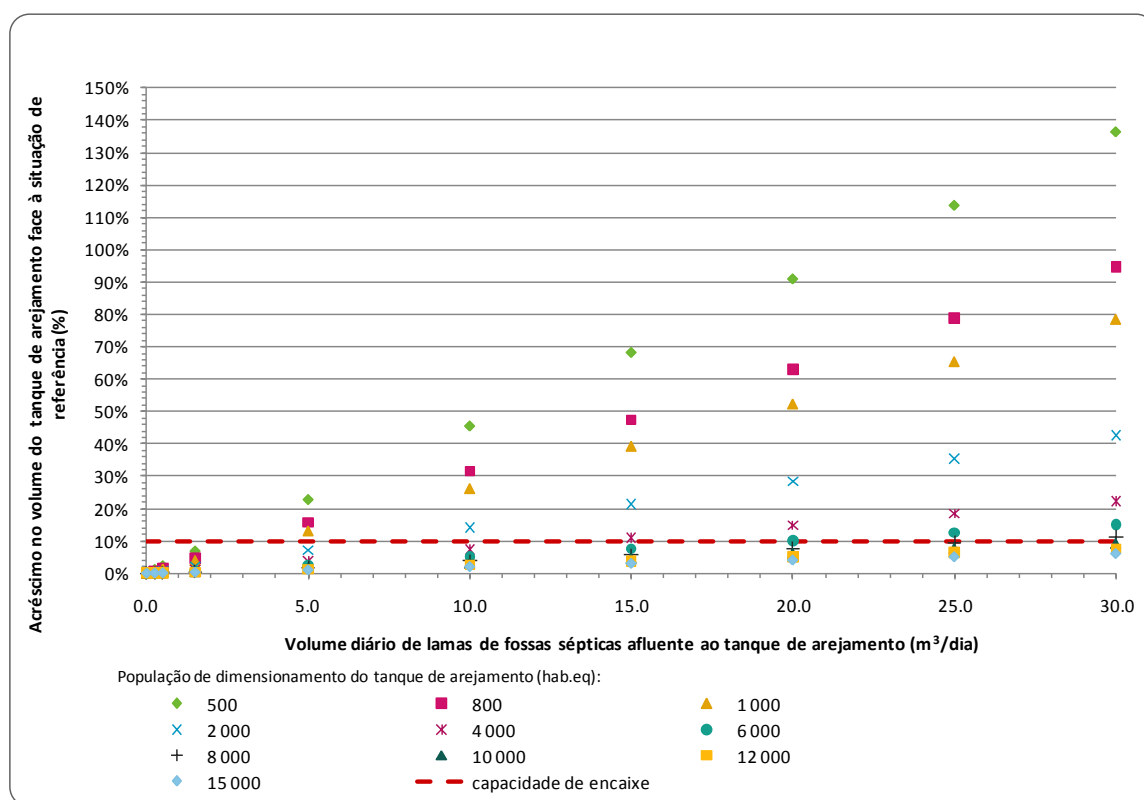
No Quadro 12.2 apresentam-se as características de fossas sépticas adoptadas para o Cenário 2.

**Quadro 12.2 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 2. (Koottatep et al, 2005)**

Parâmetro	Unidade	Valor
CBO <sub>5</sub>	mg/L	2 300
CQO	mg/L	15 700
SST	mg/L	1 266
N total Kjeldahl	mg/L	1 100
P total	mg/L	n.d.

#### 12.3.1. Impacte no volume do tanque de arejamento

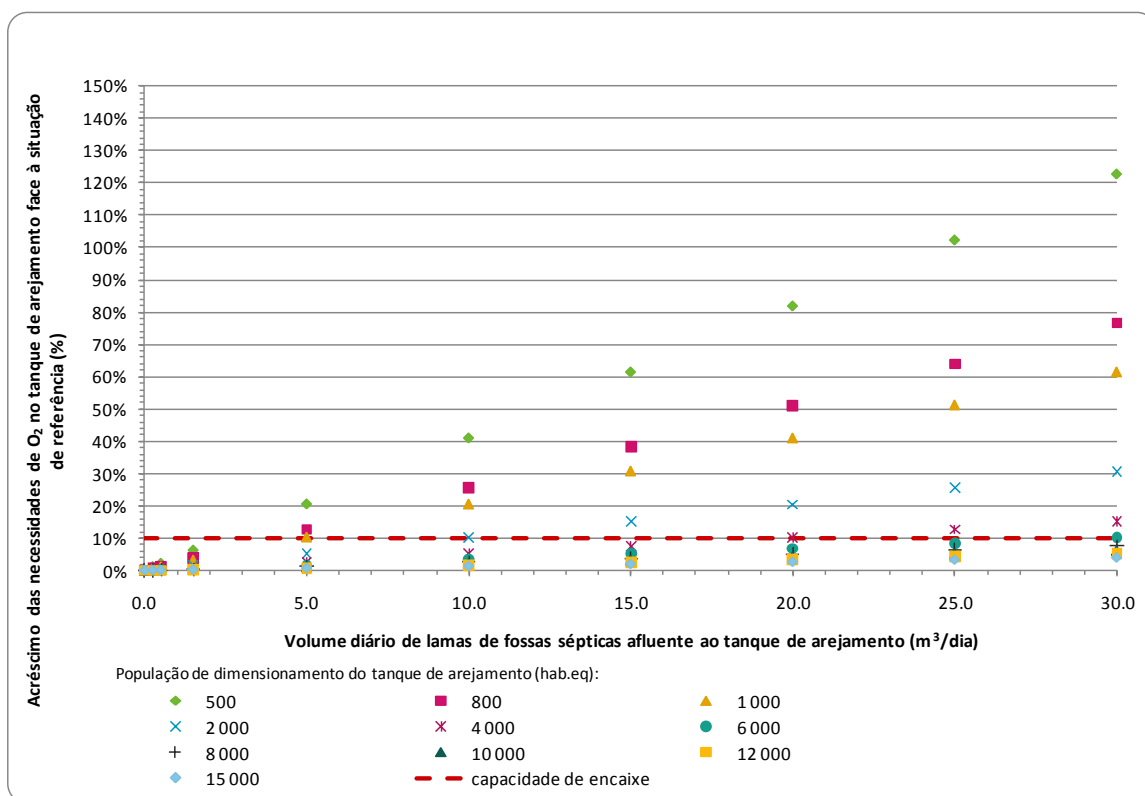
Da aplicação dos valores constantes no Quadro 12.2 obtiveram-se os resultados que se apresentam na Figura 12.3.



**Figura 12.3 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 2.**

#### 12.3.1. Impacte nas necessidades de oxigénio

Na Figura 12.4 encontram-se apresentados os resultados obtidos na análise das necessidades de oxigénio para o cenário 2, adoptando os valores constantes no Quadro 12.2.



**Figura 12.4 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 2.**

## 12.4. Adoptando os valores de concentração do Cenário 3

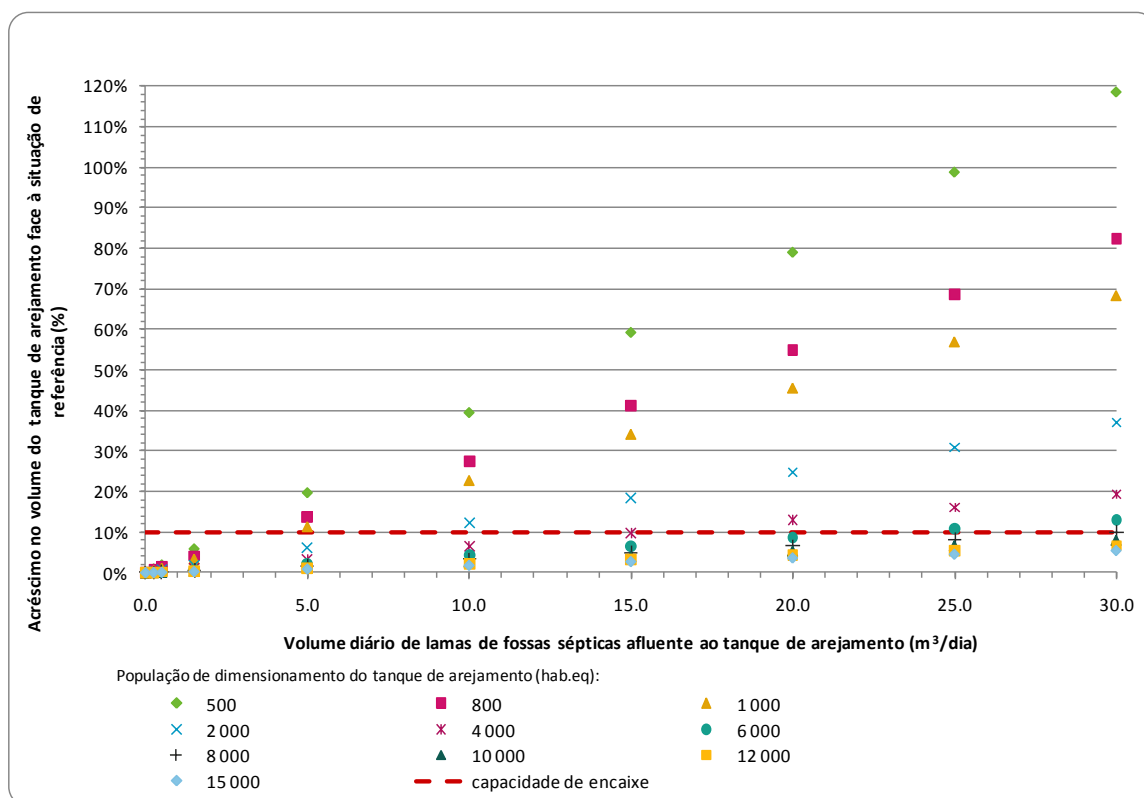
No Quadro 12.3 apresentam-se as características de fossas sépticas adoptadas para o Cenário 3.

**Quadro 12.3 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 3. (Ingallinella et al, 2002)**

Parâmetro	Unidade	Valor
CBO <sub>5</sub>	mg/L	2 000
CQO	mg/L	10 000
SST	mg/L	7 000
N total Kjeldahl	mg/L	800
P total	mg/L	n.d.

### 12.4.1. Impacte no volume do tanque de arejamento

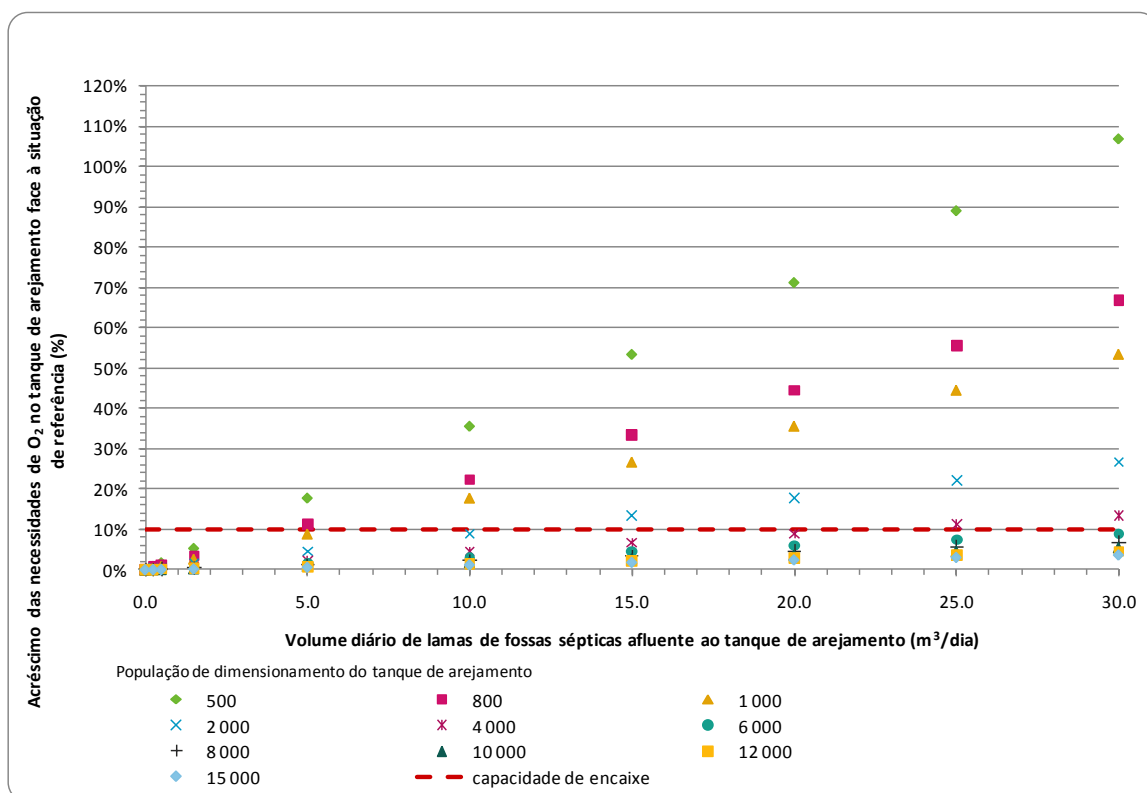
Os valores constantes no Quadro 12.3 foram aplicados na análise efectuada obtendo-se os resultados que se apresentam na Figura 12.3.



**Figura 12.5 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 3.**

#### 12.4.1. Impacte nas necessidades de oxigénio

Os resultados obtidos na avaliação do impacte da introdução do conteúdo de fossas sépticas nas necessidades de oxigénio, tendo em conta os valores definidos para o cenário 3, são apresentados na Figura 12.6.



**Figura 12.6 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 3.**

## 12.5. Adoptando os valores de concentração do Cenário 4

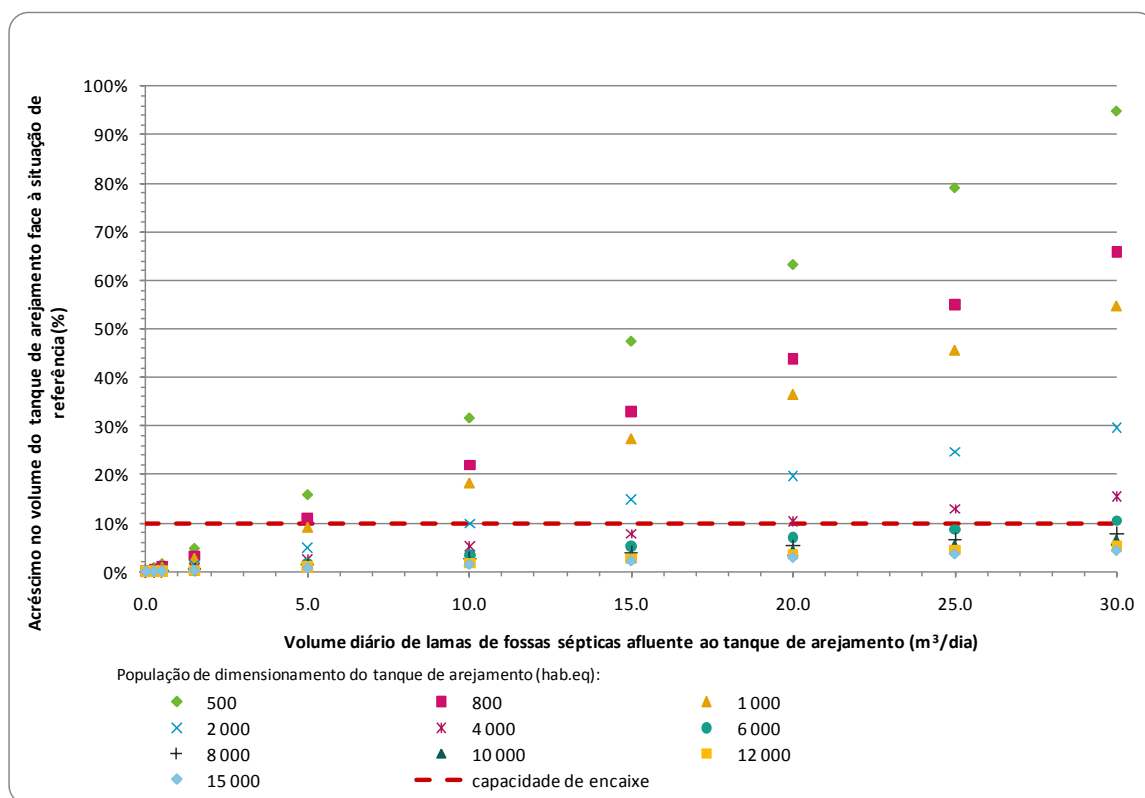
No Quadro 12.4 apresentam-se os valores adoptados de concentração dos constituintes do conteúdo de fossas sépticas para o Cenário 4.

**Quadro 12.4 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 4. (Strauss, 1995, in Montagero & Belevi, 2007)**

Parâmetro	Unidade	Valor
CBO <sub>5</sub>	mg/L	1 600
CQO	mg/L	5 750
SST	mg/L	2 600
N total Kjeldahl	mg/L	n.d.
P total	mg/L	n.d.

### 12.5.1. Impacte no volume do tanque de arejamento

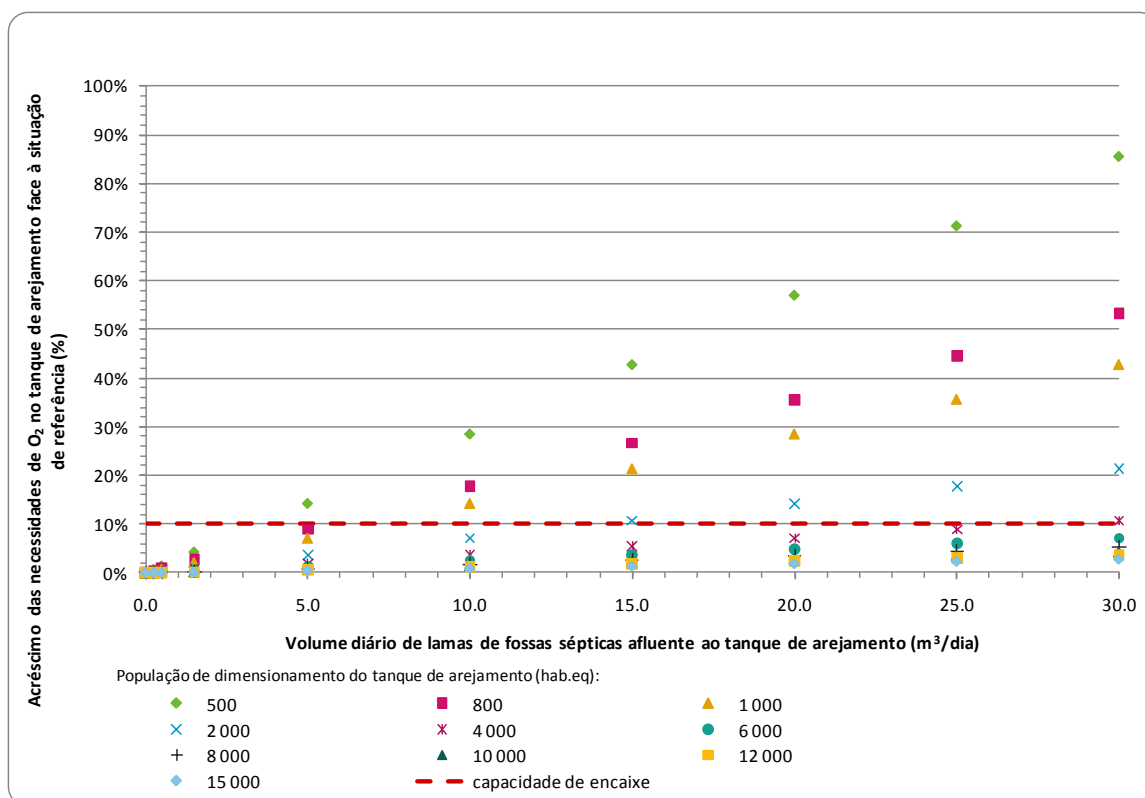
Da aplicação dos valores constantes no Quadro 12.4 obtiveram-se os resultados que se apresentam na Figura 12.7.



**Figura 12.7 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 4.**

### 12.5.1. Impacte nas necessidades de oxigénio

Na Figura 12.8 apresentam-se os resultados obtidos na avaliação das necessidades de oxigénio com a introdução do conteúdo de fossas séptica no reactor biológico, tendo sido adoptados os valores indicados no Quadro 12.4.



**Figura 12.8 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 4.**

## 12.6. Adoptando os valores de concentração do Cenário 5

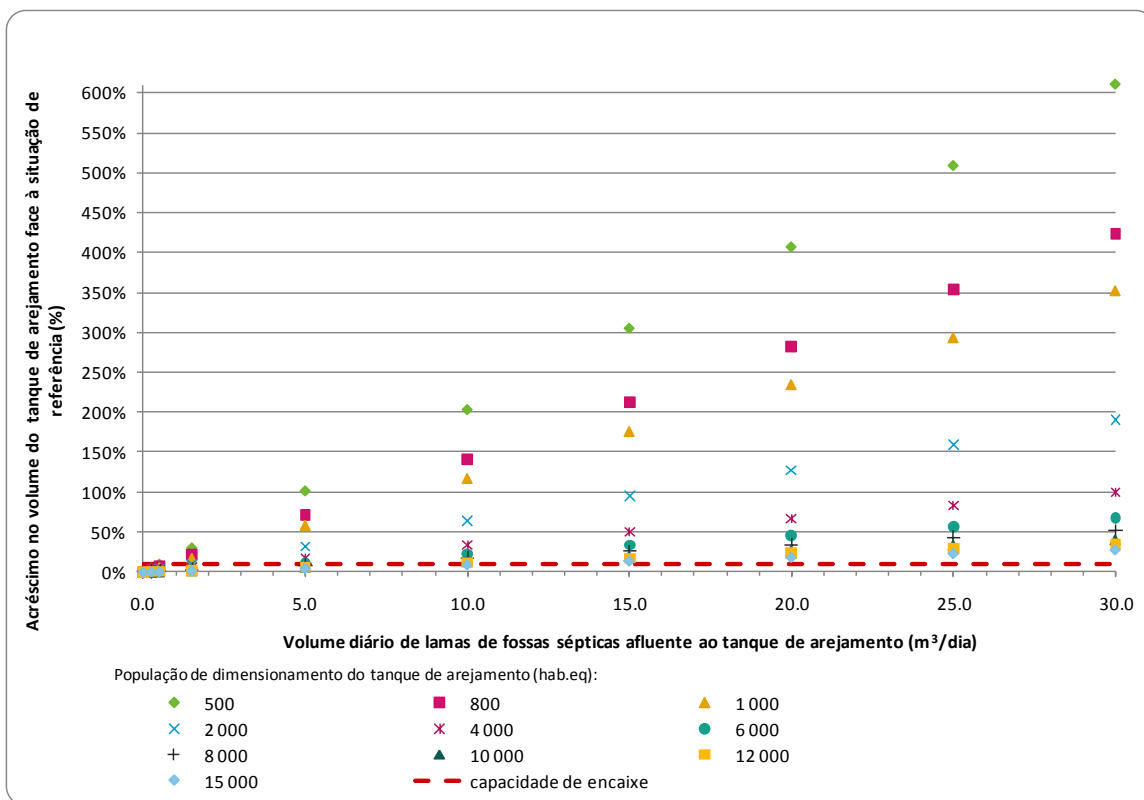
No Quadro 12.5 apresentam-se as características de fossas sépticas adoptadas para o Cenário 5.

**Quadro 12.5 – Valores de concentração admitidos para o Cenário 5. (Strauss, 1995, in Montagero & Belevi, 2007)**

Parâmetro	Unidade	Valor
CBO <sub>5</sub>	mg/L	10 300
CQO	mg/L	42 550
SST	mg/L	45 000
N total Kjeldahl	mg/L	793
P total	mg/L	171

### 12.6.1. Impacte no volume do tanque de arejamento

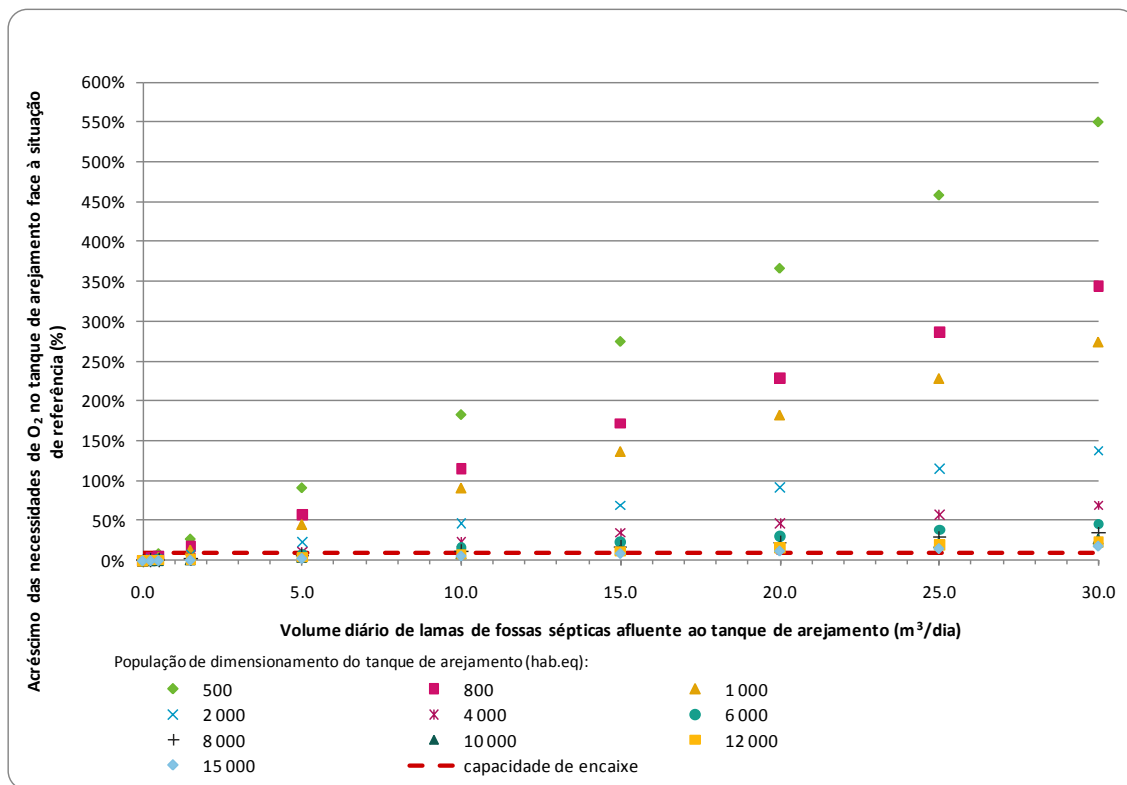
Da aplicação dos valores constantes no Quadro 12.5 obtiveram-se os resultados que se apresentam na Figura 12.9.



**Figura 12.9 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 5.**

### 12.6.1. Impacte nas necessidades de oxigénio

Na Figura 12.10 apresentam-se os resultados obtidos para as necessidades de oxigénio calculadas segundo os valores constantes no Quadro 12.5.



**Figura 12.10 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 5.**

## 12.7. Adoptando os valores de concentração do Cenário 6

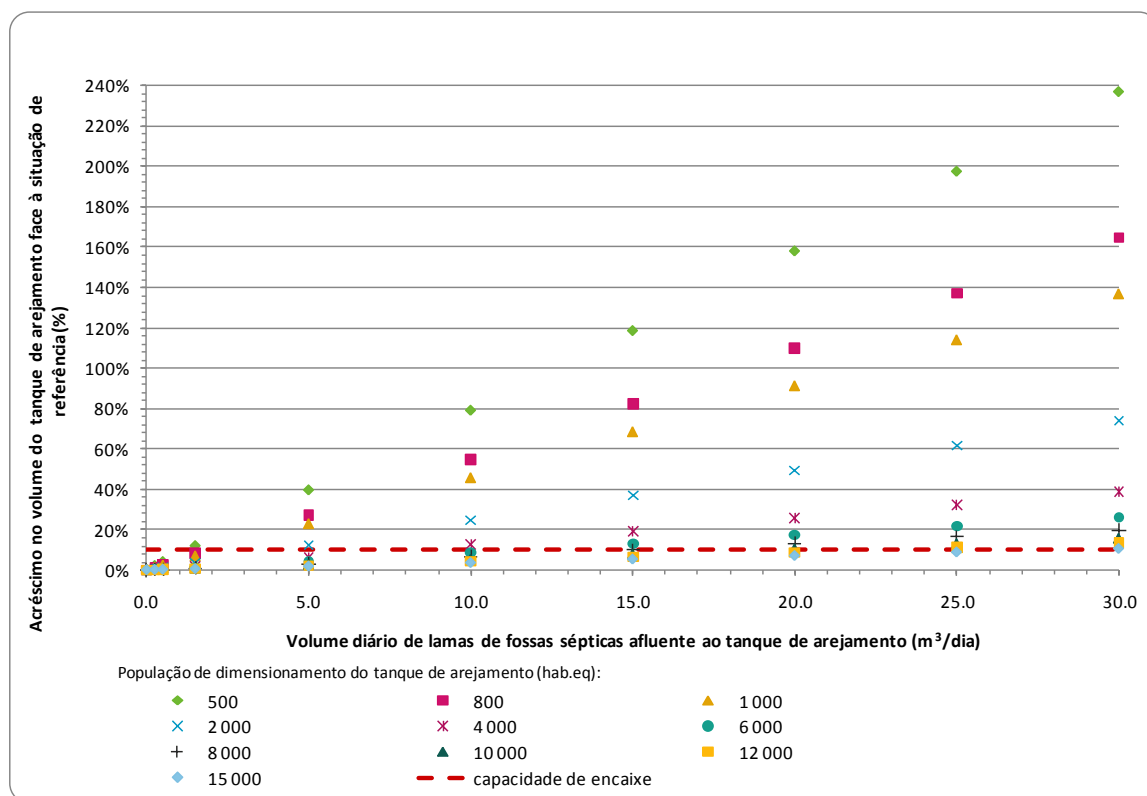
No Quadro 12.6 apresentam-se as características de fossas sépticas adoptadas para o Cenário 6, valores estes que foram admitidos para efeitos deste estudo, conforme referido no capítulo anterior.

**Quadro 12.6 - Valores de concentração admitidos para o Cenário 6.**

Parâmetro	Unidade	Valor
CBO <sub>5</sub>	mg/L	4 000
CQO	mg/L	8 500
SST	mg/L	8 500
N total Kjeldahl	mg/L	375
P total	mg/L	155

### 12.7.1. Impacte no volume do tanque de arejamento

Da aplicação dos valores constantes no Quadro 12.6 obtiveram-se os resultados que se apresentam na Figura 12.11.

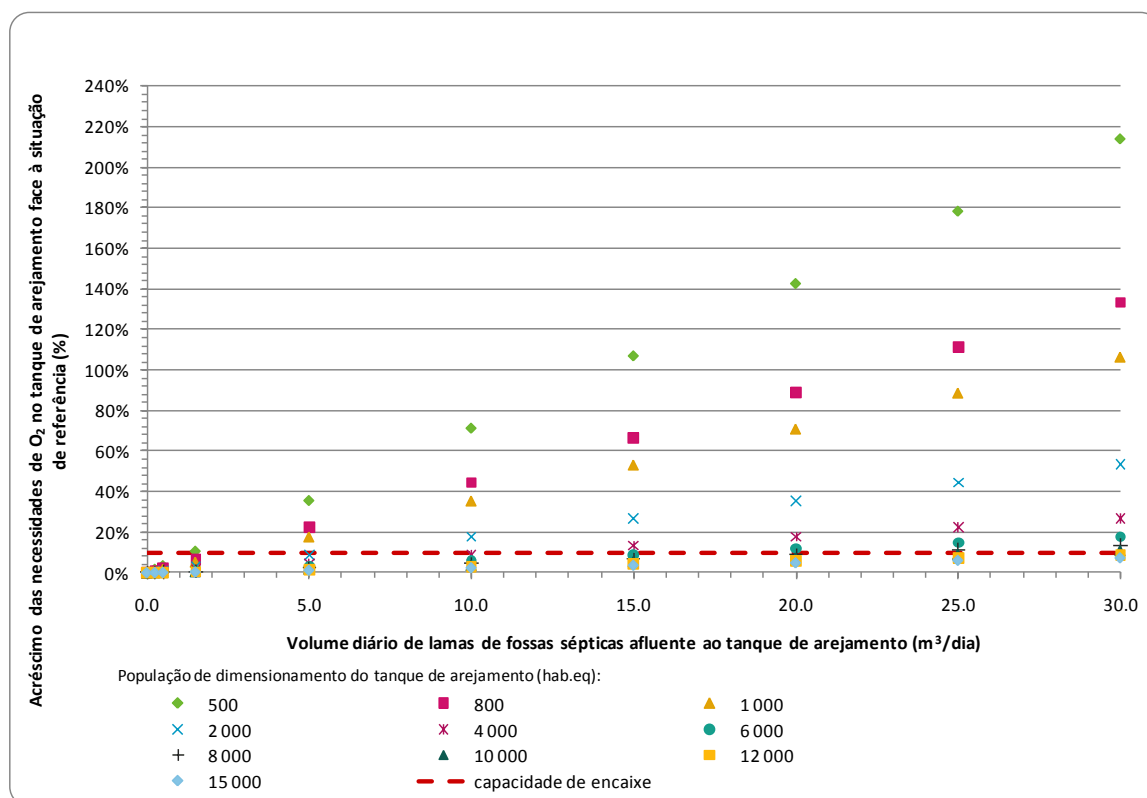


**Figura 12.11 – Evolução do acréscimo do volume necessário do tanque de arejamento - Cenário 6.**

### 12.7.1. Impacte nas necessidades de oxigénio

Da aplicação dos valores constantes no Quadro 12.6 obtiveram-se os resultados que se apresentam na Figura 12.12.





**Figura 12.12 – Evolução do acréscimo das necessidades de oxigénio - Cenário 6.**



## 13. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 13.1. Adoptando os valores de concentração do Cenário 1

#### 13.1.1. Impacte no volume do tanque de arejamento

Através da Figura 12.1 verifica-se que, para valores de volume de lamas de fossas sépticas a adicionar ao tanque de arejamento iguais ou superiores a 20 m<sup>3</sup>/dia, será sempre ultrapassado o valor de 10% fixado para a capacidade de encaixe das cargas adicionais anteriormente definido, qualquer que seja o valor de população servida de dimensionamento do reactor biológico.

Constata-se, também que, para ETAR com capacidade de tratamento entre 500 e 1 000 hab.eq, apenas poderão receber um máximo de aproximadamente 0.5 m<sup>3</sup>/dia, sendo que qualquer volume diário superior a este implicará uma carga orgânica adicional superior a 10% da carga afluentes da rede de drenagem.

Para capacidade de tratamento entre 2 000 e 4 000 hab.eq, verifica-se que o caudal máximo de conteúdo de fossas sépticas admissível de introduzir no tanque de arejamento será de cerca de 1.5 m<sup>3</sup>/dia.

Finalmente, no que se refere à capacidade de tratamento de 6 000 e 8 000 hab.eq, o volume diário máximo que se poderá adicionar, sem ultrapassar a capacidade de encaixe será de 5 m<sup>3</sup>/dia.

Verifica-se, deste modo, que adoptando os valores de concentração indicados no Quadro 12.1, a introdução do conteúdo de fossas sépticas no reactor biológico é bastante restritiva, não sendo possível introduzir uma grande quantidade destes efluentes, uma vez que a carga orgânica associada é bastante elevada.

#### 13.1.2. Impacte nas necessidades de oxigénio

Através da análise da Figura 12.2 verifica-se que a introdução do conteúdo de fossas sépticas no reactor biológico também será bastante restritiva, quando adoptados os valores de concentração do cenário 1. Conquanto, verifica-se que, relativamente às necessidades de oxigénio esta adição não será tão restritiva como para o volume do tanque de arejamento.

Constata-se, também que, para ETAR com capacidade de tratamento entre 500 e 800 hab.eq, apenas poderão receber um volume máximo de aproximadamente 0.5 m<sup>3</sup>/dia, sendo que qualquer volume diário superior a este implicará uma carga orgânica adicional superior a 10% da carga afluentes da rede de drenagem.

Para capacidade de tratamento entre 1 000 e 2 000 hab.eq, verifica-se que o caudal máximo de lamas de fossas sépticas admissível de introduzir no tanque de arejamento será de cerca de 1.5 m<sup>3</sup>/dia.

No que se refere à capacidade de tratamento de 4 000 e 6 000 hab.eq, o volume diário máximo que se poderá adicionar, sem ultrapassar a capacidade de encaixe será de 5 m<sup>3</sup>/dia.

O volume máximo de conteúdo de fossas sépticas que um tanque de arejamento dimensionado para 8 000 hab.eq poderá receber é de 10 m<sup>3</sup>/dia, enquanto que para capacidade de tratamento entre 10 000 e 12 000 este valor sobe para cerca de 15 m<sup>3</sup>/dia.

Finalmente, verifica-se que para uma capacidade de tratamento igual 15 000 hab.eq., o volume máximo de conteúdo de fossas sépticas a introduzir no reactor biológico é de 20 m<sup>3</sup>/dia, sem que a capacidade de encaixe seja ultrapassada.

## **13.2. Adoptando os valores de concentração do Cenário 2**

### **13.2.1. Impacte no volume do tanque de arejamento**

Para os valores considerados no Cenário 2, verifica-se através da Figura 12.3, que para uma capacidade igual ou superior a 10 000 hab.eq, a capacidade encaixe adoptada nunca é ultrapassada, independentemente do valor de volume de conteúdo de fossas sépticas considerado.

Neste caso, o volume máximo de conteúdo de fossas sépticas que um tanque de arejamento dimensionado para uma população entre 500 e 1 000 hab.eq, poderá receber é de cerca de 1.5 m<sup>3</sup>/dia, valor três vezes superior ao obtido no Cenário 1.

Observando a Figura 12.3, constata-se que para capacidades de tratamento de 2 000 e 4 000 hab.eq, o volume máximo de conteúdo de fossas sépticas passível de se introduzir no tanque de arejamento sem ultrapassar a capacidade de encaixe é de aproximadamente de 5 e 10 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente.

Por último, no que se refere a capacidades de tratamento de 6 000 a 8 000 hab.eq, verifica-se que a capacidade de encaixe da carga adicional provenientes dos lamas de fossas sépticas não é ultrapassada se for adicionado um volume igual ou inferior a 15 e 25 m<sup>3</sup>/dia.

Assim, tendo em conta o acima exposto, os valores de concentração indicados no Quadro 12.2 são um pouco menos restritivos, mas verifica-se que a carga orgânica associada ao conteúdo de fossas sépticas com estas características é bastante elevada,

pelo que a quantidade deste tipo de efluentes a introduzir no tanque de arejamento terá de ser bastante reduzida.

### **13.2.2. Impacte nas necessidades de oxigénio**

Para os valores considerados no Cenário 2, verifica-se através da Figura 12.4, que para uma capacidade igual ou superior a 8 000 hab.eq, a capacidade encaixe adoptada nunca é ultrapassada, independentemente do valor de volume de conteúdo de fossas sépticas considerado.

Neste caso, o volume máximo de lamas de fossas sépticas que um tanque de arejamento dimensionado para uma população entre 500 e 1 000 hab.eq, poderá receber é de cerca de 1.5 m<sup>3</sup>/dia, valor três vezes superior ao obtido no Cenário 1.

Observando a Figura 12.4, constata-se que para capacidades de tratamento de 2 000 e 4 000 hab.eq, o volume máximo de lamas de fossas sépticas passível de se introduzir no tanque de arejamento sem ultrapassar a capacidade de encaixe é de aproximadamente de 5 e 15 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente.

Por último, no que se refere a capacidade de tratamento igual 6 000 hab.eq, verifica-se que a capacidade de encaixe da carga adicional provenientes do conteúdo de fossas sépticas não é ultrapassada se for adicionado um volume igual ou inferior a 25 m<sup>3</sup>/dia.

Verifica-se, então que a introdução de lamas de fossas sépticas no tanque de arejamento é ligeiramente menos restritiva no que se refere às necessidades de oxigénio do que no caso da análise ao volume do tanque de arejamento.

## **13.3. Adoptando os valores de concentração do Cenário 3**

### **13.3.1. Impacte no volume do tanque de arejamento**

Através da análise da Figura 12.5 verifica-se que para capacidades de tratamento entre 500 e 1 000 hab.eq, o reactor biológico consegue receber um volume máximo de conteúdo de fossas sépticas de cerca de 1.5 m<sup>3</sup>/dia, sem que esta carga orgânica adicional ultrapasse os 10% da carga orgânica afluente através da rede de drenagem.

Para populações servidas de 2 000, 4 000 e 6 000 hab.eq, verifica-se que o volume máximo passível de introduzir no tanque de arejamento é de 5, 10 e 20 m<sup>3</sup>/dia, para efluentes com as características apresentadas no Quadro 12.3.

Constata-se ainda que para capacidades de tratamento iguais ou superiores a 8 000 hab.eq, não é ultrapassada a capacidade de encaixe anteriormente definida para qualquer um dos valores de volume de lamas de fossas sépticas considerados.

Adoptando os valores de concentração apresentados no Quadro 12.3, será possível a introdução no reactor biológico de um volume superior de conteúdo de fossas sépticas ao apresentado nos cenários anteriores. A carga orgânica associada a efluentes com estas características será menor, pelo que é necessária uma maior quantidade de efluentes a adicionar para ultrapassar a capacidade de encaixe definida.

### **13.3.2. Impacte nas necessidades de oxigénio**

Através da análise da Figura 12.6 verifica-se que para capacidades de tratamento entre 500 e 800 hab.eq, o reactor biológico consegue receber um volume máximo de conteúdo de fossas sépticas de cerca de 1.5 m<sup>3</sup>/dia, sem que esta carga orgânica adicional ultrapasse os 10% da carga orgânica afluyente através da rede de drenagem.

Para populações servidas de 1 000, 2 000 e 4 000 hab.eq, verifica-se que o volume máximo passível de introduzir no tanque de arejamento é de 5, 10 e 20 m<sup>3</sup>/dia, para efluentes com as características apresentadas no Quadro 12.3.

Constata-se ainda que para capacidades de tratamento iguais ou superiores a 6 000 hab.eq, não é ultrapassada a capacidade de encaixe anteriormente definida para qualquer um dos valores de volume de lamas de fossas sépticas considerados.

Adoptando os valores de concentração apresentados no Quadro 12.3, será possível a introdução no reactor biológico de um volume superior de conteúdo de fossas sépticas ao apresentado nos cenários anteriores. Verifica-se ainda, que no que concerne as necessidades de oxigénio, o reactor biológico é um pouco mais permissivo na introdução das cargas adicionais uma vez que a capacidade de encaixe é ultrapassada com a introdução de volumes mais elevados para a mesma capacidade de tratamento, face à análise efectuada para o volume do tanque de arejamento.

## **13.4. Adoptando os valores de concentração do Cenário 4**

### **13.4.1. Impacte no volume do tanque de arejamento**

Observando a Figura 12.7 constata-se que a adopção destes valores de concentração do conteúdo de fossas sépticas permite que se introduza uma maior quantidade no tanque de arejamento sem que a carga orgânica adicional ultrapasse os 10% da carga afluyente da rede de drenagem.

Verifica-se que, para capacidades de tratamento da ETAR entre 500 e 800 hab.eq, o volume diário admissível é de 1.5 m<sup>3</sup>/dia e que, neste cenário, uma ETAR dimensionada para 1 000 hab.eq poderá receber cerca de 5 m<sup>3</sup>/dia, quando nos cenários anteriores poderiam receber uma quantidade bastante menor.

Para ETAR que servem uma população de 2 000, 4 000 e 6 000 hab.eq, o volume máximo de conteúdo de fossas sépticas que poderá ser introduzido sem ultrapassar a capacidade de encaixe é de 10, 15 e 25 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente, valores estes também superiores aos verificados nos cenários anteriores.

À semelhança do cenário 3, verifica-se que para capacidades de tratamento iguais ou superiores a 8 000 hab.eq, não é ultrapassada a capacidade de encaixe anteriormente definida para qualquer um dos valores de volume de lamas de fossas sépticas considerados.

#### **13.4.2. Impacte nas necessidades de oxigénio**

Através da análise da Figura 12.8 verifica-se que a introdução do conteúdo de fossas sépticas no reactor biológico também será bastante mais permissiva, quando adoptados os valores de concentração do cenário 4. Constata-se ainda que, relativamente às necessidades de oxigénio esta adição será ainda menos restritiva como para o volume do tanque de arejamento.

Constata-se, também que, para ETAR com capacidade de tratamento de 500 hab.eq, apenas poderá receber um volume máximo de aproximadamente 1.5 m<sup>3</sup>/dia, sendo que qualquer volume diário superior a este implicará uma carga orgânica adicional superior a 10% da carga afluentes da rede de drenagem.

Para capacidade de tratamento entre 800 e 1 000 hab.eq, verifica-se que o caudal máximo de lamas de fossas sépticas admissível de introduzir no tanque de arejamento será de cerca de 5 m<sup>3</sup>/dia.

No que se refere à capacidade de tratamento de 2 000 e 4 000 hab.eq, o volume diário máximo que se poderá adicionar, sem ultrapassar a capacidade de encaixe será de 10 e 25 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente

Verifica-se que para capacidades de tratamento iguais ou superiores a 6 000 hab.eq, não é ultrapassada a capacidade de encaixe anteriormente definida para qualquer um dos valores de volume de conteúdo de fossas sépticas considerados.

### **13.5. Adoptando os valores de concentração do Cenário 5**

#### **13.5.1. Impacte no volume do tanque de arejamento**

Da observação da Figura 12.9 retira-se que este é o cenário em que a introdução do conteúdo de fossas sépticas no tanque de arejamento é a mais restritiva de todas, verificando-se que, para valores de volume iguais ou superiores a 15 m<sup>3</sup>/dia, será sempre ultrapassado o valor de 10% fixado para a capacidade de encaixe das cargas

adicionais anteriormente definido, qualquer que seja o valor de população servida de dimensionamento do reator biológico.

Para uma capacidade de tratamento de 500 hab.eq, o volume máximo admissível de receber é de  $0.3 \text{ m}^3/\text{dia}$ .

Para ETAR com uma capacidade entre 800 e 2 000 hab.eq, verifica-se que o volume de conteúdo de fossas sépticas que se poderá introduzir na etapa de tratamento biológico corresponde a aproximadamente  $0.5 \text{ m}^3/\text{dia}$ . Para capacidades de tratamento entre 4 000 e 6 000 esse valor sobe para cerca de  $1.5 \text{ m}^3/\text{dia}$ .

Para populações servidas entre 8 000 e 12 000 hab.eq, constata-se que, apenas um volume diário de aproximadamente  $5 \text{ m}^3/\text{dia}$  é possível introduzir no reator sem ultrapassar a capacidade de encaixe, e que para uma população servida de 15 000 hab.eq este valor sobe para  $10 \text{ m}^3/\text{dia}$ .

### 13.5.2. Impacte nas necessidades de oxigénio

Através da análise da Figura 12.10 verifica-se que a introdução do conteúdo de fossas sépticas no reator biológico também será bastante restritiva, quando adoptados os valores de concentração do cenário 5. Conquanto, verifica-se que, relativamente às necessidades de oxigénio esta adição não será tão restritiva como para o volume do tanque de arejamento.

Constata-se, também que, para ETAR com capacidade de tratamento entre 500 e 1 000 hab.eq, apenas poderão receber um volume máximo de aproximadamente  $0.5 \text{ m}^3/\text{dia}$ , sendo que qualquer volume diário superior a este implicará uma carga orgânica adicional superior a 10% da carga afluentes da rede de drenagem.

Para capacidade de tratamento entre 2 000 e 4 000 hab.eq, verifica-se que o caudal máximo de lamas de fossas sépticas admissível de introduzir no tanque de arejamento será de cerca de  $1.5 \text{ m}^3/\text{dia}$ .

No que se refere à capacidade de tratamento entre 6 000 e 8 000 hab.eq, o volume diário máximo que se poderá adicionar, sem ultrapassar a capacidade de encaixe será de  $5 \text{ m}^3/\text{dia}$ , enquanto que para capacidade de tratamento entre 10 000 e 12 000 este valor sobe para cerca de  $10 \text{ m}^3/\text{dia}$ .

Finalmente, verifica-se que para uma capacidade de tratamento igual 15 000 hab.eq., o volume máximo de conteúdo de fossas sépticas a introduzir no reator biológico é de  $15 \text{ m}^3/\text{dia}$ , sem que a capacidade de encaixe seja ultrapassada.



## 13.6. Adoptando os valores de concentração do Cenário 6

### 13.6.1. Impacte no volume do tanque de arejamento

De acordo com a Figura 12.11 verifica-se que a introdução do conteúdo de fossas sépticas no tanque de arejamento terá de ser realizada de um modo moderado, apresentando-se como um compromisso entre os restantes cenários, ou seja, não é tão restritivo como os cenários 1 e 5, mas também não é tão permissivo como os cenários 2, 3 e 4.

Verifica-se que, para uma capacidade de tratamento da ETAR de 500 hab.eq, o valor máximo de volume de lamas de fossas sépticas ronda os 0.5 m<sup>3</sup>/dia, enquanto que para capacidades entre 800 e 2 000 hab.eq estes valor cresce para os 1.5 m<sup>3</sup>/dia.

No que se refere a capacidades de tratamento de 4 000 e 6 000 hab.eq, a quantidade máxima de conteúdo de fossas sépticas que se poderá adicionar ao tanque de arejamento sem que a capacidade de encaixe seja ultrapassada é de 5 e 10 m<sup>3</sup>/dia.

Para ETAR com capacidade de tratamento entre 8 000 e 10 000 hab.eq. constata-se que ao valor máximo de volume de conteúdo de fossas sépticas corresponde a 15 m<sup>3</sup>/dia, enquanto que para capacidades de tratamento de 12 000 e 15 000 hab.eq este valor sobe para 20 e 25 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente.

### 13.6.2. Impacte nas necessidades de oxigénio

Através da observação da Figura 12.12 relativamente às necessidades de oxigénio esta adição será menos restritiva do que a verificada na análise do impacte no volume do tanque de arejamento da adição do conteúdo de fossas sépticas.

Constata-se, também que, para ETAR com capacidade de tratamento de 500 hab.eq, apenas poderá receber um volume máximo de aproximadamente 0.5 m<sup>3</sup>/dia, sendo que qualquer volume diário superior a este implicará uma carga orgânica adicional superior a 10% da carga afluentes da rede de drenagem.

Para capacidades de tratamento entre 800 e 1 000 hab.eq, verifica-se que o caudal máximo de conteúdo de fossas sépticas admissível de introduzir no tanque de arejamento será de cerca de 1.5 m<sup>3</sup>/dia.

No que se refere à capacidade de tratamento de 2 000 e 4 000 hab.eq, o volume diário máximo que se poderá adicionar, sem ultrapassar a capacidade de encaixe será de 5 e 10 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente.

Para ETAR com tanque de arejamento dimensionados para 6 000, 8 000 e 10 000 hab.eq, verifica-se que a capacidade de encaixe não é ultrapassada quando de adiciona

um volume diário de lamas de fossas sépticas inferiores 15, 20 e 25 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente.

Verifica-se que para capacidades de tratamento iguais ou superiores a 12 000 hab.eq, não é ultrapassada a capacidade de encaixe anteriormente definida para qualquer um dos valores de volume de conteúdo de fossas sépticas considerados.

## 14. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 14.1. Síntese conclusiva

Da análise dos resultados obtidos e apresentadas no capítulo anterior conclui-se que no dimensionamento de uma ETAR ou na escolha de uma instalação já existente para a recepção do conteúdo de fossas sépticas, a selecção dos valores de concentração de cargas poluentes é um aspecto que importa bastante.

Para os critérios de dimensionamento definidos no capítulo 11, os resultados obtidos da análise de sensibilidade efectuada ao dimensionamento do tanque de arejamento, permitem concluir o seguinte:

- a) Para o Cenário 1, verifica-se que a sua adopção no dimensionamento do tanque de arejamento implica uma grande restrição no que concerne o volume de conteúdo de fossas sépticas admissível que introduzir no tanque de arejamento. Verifica-se que a capacidade de encaixe definida é ultrapassada, mesmo para volumes de conteúdo de fossas sépticas bastante baixos, para cada uma das capacidades de tratamento definidas. Sendo estes os valores mais utilizados como referência no dimensionamento de ETAR em Portugal, poderá implicar que se esteja a limitar a quantidade de conteúdo de fossas sépticas a receber nas instalações, face às reais concentrações de cargas poluentes constantes neste tipo de efluentes, ou seja, devido ao facto de se considerar que as concentrações são bastante mais elevadas do que são na realidade poder-se-á estar a impedir que uma ETAR possa receber uma quantidade superior à que se admite, o que poderá ser limitante na gestão deste tipo de lamas;
- b) No caso dos Cenários 2, 3 e 4, verifica-se que a utilização destes valores permitiu a obtenção de resultados bastante semelhantes, conquanto se verifique ainda que o Cenário 2 seja o mais restritivo destes três cenários. Apesar disso, apresenta uma diferença bastante significativa face aos resultados obtidos no Cenário 1, concluindo-se portanto, que a adopção destes valores de concentração de cargas poluentes poderá implicar uma aceitação de uma maior quantidade de conteúdo de fossas sépticas. A adopção dos valores associados aos Cenários 3 e 4 permitiram obter resultados bastante semelhantes e correspondem aos valores que permitem uma introdução de um maior volume de conteúdo de fossas sépticas no tanque de arejamento, sem que a capacidade de encaixe definida fosse ultrapassada. A semelhança dos resultados obtidos, tem origem na aproximação dos valores de concentração de CBO5 de ambos os Cenários. Será importante referir que a adopção dos valores considerados para estes três Cenários, e nomeadamente no que se refere aos Cenários 3 e 4, deverá ser feita com alguma precaução. Uma vez que estes apresentam concentrações

de cargas orgânicas bastante mais baixas do que o verificado nos outros Cenários, partir-se-á do pressuposto que as cargas adicionais afluentes ao tanque de arejamento serão muito inferiores também. Assim, caso se utilize valores desta grandeza deverá assegurar-se que o conteúdo de fossas sépticas a receber possui características semelhantes, de modo a evitar choques de carga orgânica no tanque de arejamento, ou seja, para assegurar que a etapa de tratamento biológico esteja dimensionada para receber as cargas orgânicas que afluem;

- c) No que se refere ao Cenário 5, verifica-se que os valores adoptados são os que implicam uma maior restrição à introdução do conteúdo de fossas sépticas. De facto verifica-se que para as capacidades de tratamento consideradas neste estudo, a adopção destes valores implica a introdução no tanque de arejamento de volumes de efluentes bastante inferiores aos verificados nos Cenário 2, 3 e 4, e ligeiramente inferiores aos obtidos no Cenário 1, para que a capacidade de encaixe definida não seja ultrapassada;
- d) No que concerne o Cenário 6, cujos valores foram admitidos para a realização deste estudo, verifica-se que os resultados obtidos apresentam-se como um bom compromisso entre os resultados obtidos para os restantes Cenários. De acordo com os resultados obtidos conclui-se que, para os valores de concentração de poluentes considerados neste Cenário, o volume de conteúdo de fossas sépticas admissível de se introduzir no tanque de arejamento sem que a capacidade de encaixe seja ultrapassada, é inferior aos volumes admissíveis para os Cenários 1 e 5 e superior aos admissíveis verificados nos Cenário 2,3 e 4. Numa primeira abordagem, poder-se-ia admitir que os valores adoptados para o Cenário 6 seriam valores conservativos no dimensionamento do tanque de arejamento, uma vez que a sua utilização permitiria que os valores de cargas afluentes ao tanque de arejamento provenientes do conteúdo de fossas sépticas não fosse nem sobrestimadas nem subestimadas.

Tendo em conta o exposto nos pontos anteriores, é de concluir que a definição das características das lamas de fossas sépticas no dimensionamento de uma nova ETAR que receba este tipo de efluentes ou na avaliação da capacidade de recepção num ETAR existente, é um ponto essencial.

Elevados valores de concentração de poluentes implicarão uma menor capacidade de recepção deste tipo de lamas, o que poderá colocar em causa a gestão dos sistemas de saneamento de pequenos aglomerados populacionais.

Por outro lado, ao ser adoptados valores mais baixos de concentração de poluentes, poderá colocar-se em risco a eficiência de tratamento da etapa de tratamento

biológico implicando um choque de carga no interior do órgão, tendo influência directa na qualidade do efluente final.

Terá, então, de se encontrar um equilíbrio. Se não for possível a caracterização prévia do conteúdo de fossas sépticas afluente a uma dada ETAR receptora, então dever-se-á adoptar, no seu dimensionamento, os valores que se considerem os mais adequados, não esquecendo nunca que os valores constantes na literatura reportam a casos bastante específicos, que poderão não ser os mais representativos da realidade.

Durante a realização deste estudo ficou patente a grande importância da instalação de uma estação receptora do conteúdo de fossas sépticas na ETAR a construir ou já existente. Para além do facto de ser uma mais valia em termos de operação na trasfega das lamas, evitando derrames e propagação de maus odores, verifica-se que o aspecto mais relevante é a instalação do tanque de equalização. Considera-se que é uma peça fundamental, pois permite que a introdução dos efluentes na etapa de tratamento biológico seja efectuada de modo gradual, evitando o choque de carga dentro do tanque de arejamento, evitando assim problemas operacionais.

A realização deste estudo permitiu ainda concluir que é possível a introdução do conteúdo de fossas sépticas em etapas de tratamento biológico dimensionadas para servir uma população equivalente inferior a 10 000 hab.eq., contrariando o referido em ATV (1985). Mesmo para capacidades de tratamento reduzidas, verificou-se que era possível, introduzir um quantitativo diário de lamas de fossas sépticas, mesmo que reduzido, sem que a capacidade de encaixe fosse ultrapassada. É claro que, para ETAR de reduzidas dimensões, o controlo operacional da introdução deste tipo de efluentes no tanque de arejamento terá de ser muito apertado e a própria introdução terá de ser muito gradual para evitar o choque de carga orgânica dentro do tanque de arejamento.

#### **14.2. Limitações e possibilidades de desenvolvimentos futuros**

As principais limitações que se verificaram no desenvolvimento deste estudo, prenderam-se essencialmente com a parca informação disponível. Verifica-se que não existem muitos estudos e trabalhos realizados no âmbito deste tema.

De modo a que os resultados fossem o mais representativos da realidade em Portugal seria necessário que fosse efectuada uma caracterização do conteúdo de fossas sépticas, que se verifica inexistente, quer em Portugal, que ao nível da Europa, à semelhança do que acontece nos Estados Unidos da América.

O tempo também se revelou um factor importante no desenvolvimento deste estudo, uma vez que poderia ter sido equacionada a realização de uma caracterização menos exaustiva de efluentes deste tipo, para aferição dos resultados, o que não foi possível.

Em termos de desenvolvimentos futuros, poder-se-á equacionar a extensão desta análise a outras etapas da linha de tratamento de uma ETAR, nomeadamente no que concerne a etapa de decantação secundária e a linha de tratamento da fase sólida.

Outra abordagem poderia consistir na reprodução desta análise tendo em conta valores de concentração de poluentes em conteúdos de fossas sépticas obtidos através de análises de caracterização.

## 15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, L. (2006a). Digestão anaeróbia. *Documentos de apoio à cadeira de Técnicas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais - 2006/2007*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Amaral, L. (2006b). Lamas activadas. *Documentos de apoio à cadeira de Técnicas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais - 2006/2007*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- ATV. (1985). *Treatment and Disposal of Sludge from Small Sewage Treatment Plants*. Standard ATV - A 123E. German Association for the Water Environment.
- Bartolomeu, F. A. (1996). Dissertação de Mestrado. *Tecnologias de drenagem e tratamento de águas residuais apropriadas a aglomerados até 5000 habitantes*. Lisboa: FCT-UNL.
- Bartolomeu, F. A., & Baptista, J. M. (1988/1989). *Manual de Tecnologias de Saneamento Básico Apropriadas a Pequenos Aglomerados*. Lisboa: Direcção Geral da Qualidade do Ambiente.
- Cofie, O. O., Agbottah, S., Strauss, M., Esseku, H., Montangero, A., Awuah, E., et al. (2006). Solid-liquid separation of faecal sludge using drying beds in Ghana: Implications for nutrient recycling in urban agriculture. *Water Research*, 40, pp. 75-82.
- Coucello, V. P. (2009). Dissertação de Mestrado. *Necessidades de arejamento no processo de compostagem*. Lisboa: FCT-UNL.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems*. WCB/McGraw-Hill.
- DEPURANAT - Interreg III-B. (2006). *Gestión sostenible del agua residual en entornos rurales*. Instituto Tecnológico das Canárias. Departamento de Agua - División de Investigación y Desarrollo Tecnológico.
- Gray, N. F. (2004). *Biology of wastewater treatment*. Londres: Imperial College Press.
- Henze, M., Haremoës, P., Jansen, J. I., & Arvin, E. (2002). *Wastewater treatment - biological and chemical processes*. Springer.
- INE, I. N. (2010). Obtido em 20 de Agosto de 2010, de <http://www.ine.pt>
- Ingallinella, A., Sanguinetti, G., Koottatep, T., Montangero, A., & Strauss, M. (2002). The challenge of faecal sludge management in urban areas - strategies, regulations and treatment options. *Water Science and Technology*, 46 (10), pp. 285-294.

INSAAR, I. N. (2010). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais: Sistemas Públicos Urbanos (Dados 2008; Campanha 2009)*.

Jenkins, D., Richard, M. G., & Daigger, G. T. (2004). *Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming and other solids separation problems*. Boca Raton: Lewis Publishers.

Koottatep, T., Surinkul, N., Prolpraset, C., Kamal, A., Koné, D., Montangero, A., et al. (2005). Treatment of septage in constructed wetlands in tropical climate – Lessons learnt after seven years of operation. *Water Science and Technology* , 51 (9), pp. 119-126.

Lin, C.-Y., & Chou, J. (1998). Aerobic digestion of septage. *Bioresourse Technology* , 64, pp. 219-224.

Mano, A. P. (2007). Balanço de massas de uma estação de tratamento de águas residuais. *Documentos de apoio à cadeira de Sistemas de tratamento de águas e efluentes - 2007/2008* . Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Metcalf, & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (4ª ed.). McGraw-Hill.

Montangero, A., & Belevi, H. (2007). Assessing nutrient flows in septic tanks by eliciting expert judgement: A promising method in the context of developing countries. *Water Research* , 41, pp. 1052-1064.

Monte, M. M. (2010). Dissertação de Mestrado. *Contributo para o estudo da valorização energética do biogás em estações de tratamento de águas residuais* . Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Sardinha, J. M. (2002). *Soluções Tipo Para Pequenas Instalações de Tratamento de Águas Residuais*. AdP Serviços, Direcção de Engenharia. Lisboa: AdP - Águas de Portugal.

Strauss, M., Larmie, S. A., & Heinss, U. (1997). Treatment of sludges from on-site sanitation - low-cost options. *Water Science and Technology* , 35 (6), pp. 129-136.

USEPA. (1984). *Handbook: Septage Treatment and Disposal*. United States Environmental Protection Agency.

USEPA. (1999). *Septic Tank - Soil Absorption Systems*. Decentralized Systems Technology Fact Sheet, United States Environmental Protection Agency.

WEF. (1997). *Septage handling - Manual of Practice n.º 24*. Water Environment Federation.



WEF. (2003). *Wastewater treatment plant design*. Water Environment Federation.



**ANEXOS**

---



## **ANEXO I – BALANÇO DE MASSAS**

---



**BALANÇO DE MASSA****Cenário População 4****Dados de base**

População, hab	2 000
Capitação de água, L/hab.dia	150.0
Factor de afluência	0.8
Afluência significativa	12.0
<b>Capitação água residual, L/hab.dia</b>	<b>120.0</b>
Capitação CBO <sub>5</sub> , g/hab.dia	60.0
Capitação SST, g/hab.dia	70.0
Capitação NT, g/hab.dia	9.0
Capitação PT, g/hab.dia	2.5

<b>Qmd, m<sup>3</sup>/dia</b>	<b>539.9</b>
<b>Carga CBO<sub>5</sub>, kg/dia</b>	<b>135.2</b>
<b>Carga SST, kg/dia</b>	<b>147.6</b>
<b>Carga NT, kg/dia</b>	<b>20.0</b>
<b>Carga PT, kg/dia</b>	<b>5.3</b>

<b>[CBO<sub>5</sub>], mg/L</b>	<b>250.4</b>
<b>[SST], mg/L</b>	<b>273.4</b>
<b>[NT], mg/L</b>	<b>37.1</b>
<b>[PT], mg/L</b>	<b>9.8</b>

<b>Objectivos</b>	<b>Eficiência necessária</b>	
[CBO <sub>5</sub> ], mg/L	25.0	<b>90%</b>
[SST], mg/L	30.0	<b>89%</b>
[NT], mg/L	5.0	<b>87%</b>
[PT], mg/L	10.0	<b>-2%</b>

**Decantação primária**

<b>Eficiência de remoção, %</b>	<b>Cargas removidas, kg/dia</b>
CBO <sub>5</sub>	
SST	
NT	
PT	
[ ] lamas, %	2.0%
<b>Caudal de lamas, m<sup>3</sup>/dia</b>	
<b>Carga afluente ao reactor biológico, kgCBO<sub>5</sub>/dia</b>	<b>135</b>
<b>Carga que poderá sair no efluente, kgCBO<sub>5</sub>/dia</b>	<b>13.49862052</b>
<b>Eficiência a exigir ao processo biológico</b>	<b>90%</b>

Reactor biológico		
kgSST formado/kgCBO5 removido	0.9	
CBO5 removido, kg/dia	121.7	
kgSST em excesso, kg/dia	109.5	
Base 100 CBO - 5 NT - 1 PT		
NT removido, kg/dia	6.1	
PT removido, kg/dia	1.2	
[] lamas,%	0.8%	
Caudal lamas, m3/dia	13.7	
Espessador		
Caudal afluyente, m3/dia	13.7	
SST afluyente, kg/dia	109.5	
NT afluyente, kg/dia	6.1	
PT afluyente kg/dia	1.2	
retenção sólidos, %	92.0%	
[] sólidos espessados, %	4.0%	
SST lamas espessadas, kg/dia	100.7	
NT lamas espessadas, kg/dia	5.6	
PT lamas espessadas, kg/dia	1.1	
Caudal de lamas espessadas, m3/dia	2.5	
Caudal sobrenadante, m3/dia	11.2	
SST sobrenadante, kg/dia	8.8	
[SST] no sobrenadante, mg/L	784.3	
NT sobrenadante, kg/dia	0.5	
[NT] no sobrenadante, mg/L	43.6	
PT sobrenadante, Kg/dia	0.1	
[PT] no sobrenadante, mg/L	8.7	
CBO5 sobrenadante = 0.5 SST sobrenadante		
CBO5 sobrenadante, kg/dia	4.4	
[CBO5] sobrenadante, mg/L	392.2	
Desidratação		
Nº dias em que se desidrata	5.0	
1 kgSST lamas digeridas =	0.5	kg CBO5
Caudal de lamas espessadas, m3/dia	2.5	
Nº horas de funcionamento	6.0	
Caudal água de lavagem, m3/m.h	5.0	
Largura da tela, m	1.5	
Doseamento de polielectrólito, g/kg	8.0	



Quantidade de polieletrólito, kg/dia	0.5
Concentração doseada, kg/m3	0.5
Volume de solução, m3/dia	1.0
<b>Caudal lamas a desidratar, m3/dia</b>	<b>48.6</b>
SST lamas espessadas, kg/dia	88.9
NT lamas espessadas, kg/dia	6.1
PT lamas espessadas, kg/dia	1.4
retenção sólidos, %	95.0%
[] sólidos desidratados %	18.0%
reposição de N e de P na base	N P
NT lamas digeridas (rep.), kg/dia	6.1
PT lamas digeridas (rep.), kg/dia	1.4
Quant. de lamas desidratadas, kg/dia	84.5
Caudal de lamas desidratadas, m3/dia	0.5
NT lamas desidratadas, kg/dia	5.8
Pt lamas desidratadas, kg/dia	1.3
Caudal de escorrência, m3/dia	48.1
SST escorrência, kg/dia	4.4
[SST] nas escorrências, mg/L	92.5
CBO5 escorrências, kg/dia	2.2
[CBO5] sobrenadante, mg/L	46.2
NT escorrências, kg/dia	0.3
[NT] nas escorrências, mg/L	6.3
PT escorrência, Kg/dia	0.1
[PT] nas escorrências, mg/L	1.4
<b>Totais a adicionar</b>	
Caudal ,m3/dia	60.0
Carga SST, kg/dia	15.2
Carga CBO5, kg/dia	7.6
Carga NT, kg/dia	2.0
Carga PT, kg/dia	0.3



## **ANEXO II – QUADRO DE RESULTADOS**

---



## QUADRO DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
1	1	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.0	33.7	36.8	1.0	1.0	2.8	2.8	0.0%	112.2	112.2	0.0%
1	2	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.3	35.4	40.6	1.0	1.0	2.8	2.9	3.1%	112.2	118.1	3.5%
1	3	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.5	37.2	44.3	1.0	1.0	2.8	3.0	6.2%	112.2	123.9	6.9%
1	4	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	1.5	44.2	59.3	1.0	1.0	2.8	3.3	18.7%	112.2	147.2	20.8%
1	5	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	5.0	68.7	111.8	1.0	1.0	2.8	4.6	62.4%	112.2	228.9	69.2%
1	6	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	10.0	103.7	186.8	1.0	1.0	2.8	6.3	124.7%	112.2	345.6	138.4%
1	7	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	15.0	138.7	261.8	1.0	1.0	2.8	8.1	187.1%	112.2	462.2	207.6%
1	8	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	20.0	173.7	336.8	1.0	1.0	2.8	9.8	249.5%	112.2	578.9	276.8%
1	9	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	25.0	208.7	411.8	1.0	1.0	2.8	11.6	311.8%	112.2	695.6	345.9%
1	10	1	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	30.0	243.7	486.8	1.0	1.0	2.8	13.3	374.2%	112.2	812.2	415.1%
2	1	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.0	54.0	59.0	1.0	1.0	4.5	4.5	0.0%	179.9	179.9	0.0%
2	2	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.3	55.7	62.7	1.0	1.0	4.5	4.6	1.9%	179.9	185.7	2.4%
2	3	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.5	57.5	66.5	1.0	1.0	4.5	4.7	3.9%	179.9	191.6	4.8%
2	4	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	1.5	64.5	81.5	1.0	1.0	4.5	5.0	11.7%	179.9	214.9	14.4%
2	5	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	5.0	89.0	134.0	1.0	1.0	4.5	6.2	38.9%	179.9	296.6	48.0%
2	6	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	10.0	124.0	209.0	1.0	1.0	4.5	8.0	77.8%	179.9	413.2	96.1%
2	7	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	15.0	159.0	284.0	1.0	1.0	4.5	9.7	116.7%	179.9	529.9	144.1%
2	8	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	20.0	194.0	359.0	1.0	1.0	4.5	11.5	155.6%	179.9	646.6	192.1%
2	9	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	25.0	229.0	434.0	1.0	1.0	4.5	13.2	194.6%	179.9	763.2	240.2%
2	10	1	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	30.0	264.0	509.0	1.0	1.0	4.5	15.0	233.5%	179.9	879.9	288.2%
3	1	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.0	67.5	73.7	1.0	1.0	5.6	5.6	0.0%	225.0	225.0	0.0%
3	2	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.3	69.2	77.5	1.0	1.0	5.6	5.7	1.6%	225.0	230.8	2.0%
3	3	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.5	71.0	81.2	1.0	1.0	5.6	5.8	3.1%	225.0	236.7	4.0%
3	4	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	1.5	78.0	96.2	1.0	1.0	5.6	6.1	9.3%	225.0	260.0	12.0%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
3	5	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	5.0	102.5	148.7	1.0	1.0	5.6	7.4	31.1%	225.0	341.7	39.9%
3	6	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	10.0	137.5	223.7	1.0	1.0	5.6	9.1	62.2%	225.0	458.3	79.8%
3	7	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	15.0	172.5	298.7	1.0	1.0	5.6	10.9	93.3%	225.0	575.0	119.7%
3	8	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	20.0	207.5	373.7	1.0	1.0	5.6	12.6	124.4%	225.0	691.7	159.6%
3	9	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	25.0	242.5	448.7	1.0	1.0	5.6	14.4	155.6%	225.0	808.3	199.5%
3	10	1	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	30.0	277.5	523.7	1.0	1.0	5.6	16.1	186.7%	225.0	925.0	239.4%
4	1	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.0	135.2	147.6	1.0	1.0	11.3	11.3	0.0%	450.5	450.5	0.0%
4	2	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.3	136.9	151.3	1.0	1.0	11.3	11.4	0.8%	450.5	456.3	1.1%
4	3	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.5	138.7	155.1	1.0	1.0	11.3	11.4	1.6%	450.5	462.2	2.2%
4	4	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	1.5	145.7	170.1	1.0	1.0	11.3	11.8	4.7%	450.5	485.5	6.5%
4	5	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	5.0	170.2	222.6	1.0	1.0	11.3	13.0	15.5%	450.5	567.2	21.6%
4	6	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	10.0	205.2	297.6	1.0	1.0	11.3	14.8	31.1%	450.5	683.8	43.2%
4	7	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	15.0	240.2	372.6	1.0	1.0	11.3	16.5	46.6%	450.5	800.5	64.8%
4	8	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	20.0	275.2	447.6	1.0	1.0	11.3	18.3	62.2%	450.5	917.2	86.4%
4	9	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	25.0	310.2	522.6	1.0	1.0	11.3	20.0	77.7%	450.5	1033.8	108.0%
4	10	1	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	30.0	345.2	597.6	1.0	1.0	11.3	21.8	93.2%	450.5	1150.5	129.6%
5	1	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.0	270.5	295.2	1.0	1.0	22.5	22.5	0.0%	901.6	901.6	0.0%
5	2	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.3	272.2	299.0	1.0	1.0	22.5	22.6	0.4%	901.6	907.4	0.6%
5	3	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.5	274.0	302.7	1.0	1.0	22.5	22.7	0.8%	901.6	913.2	1.1%
5	4	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	1.5	281.0	317.7	1.0	1.0	22.5	23.1	2.3%	901.6	936.6	3.4%
5	5	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	5.0	305.5	370.2	1.0	1.0	22.5	24.3	7.8%	901.6	1018.2	11.3%
5	6	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	10.0	340.5	445.2	1.0	1.0	22.5	26.0	15.5%	901.6	1134.9	22.5%
5	7	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	15.0	375.5	520.2	1.0	1.0	22.5	27.8	23.3%	901.6	1251.6	33.8%
5	8	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	20.0	410.5	595.2	1.0	1.0	22.5	29.5	31.1%	901.6	1368.2	45.1%
5	9	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	25.0	445.5	670.2	1.0	1.0	22.5	31.3	38.8%	901.6	1484.9	56.4%
5	10	1	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	30.0	480.5	745.2	1.0	1.0	22.5	33.0	46.6%	901.6	1601.6	67.6%
6	1	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.0	405.8	442.9	1.0	1.0	33.8	33.8	0.0%	1352.6	1352.6	0.0%
6	2	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.3	407.5	446.6	1.0	1.0	33.8	33.9	0.3%	1352.6	1358.4	0.4%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
6	3	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.5	409.3	450.4	1.0	1.0	33.8	34.0	0.5%	1352.6	1364.3	0.8%
6	4	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	1.5	416.3	465.4	1.0	1.0	33.8	34.3	1.6%	1352.6	1387.6	2.3%
6	5	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	5.0	440.8	517.9	1.0	1.0	33.8	35.6	5.2%	1352.6	1469.3	7.6%
6	6	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	10.0	475.8	592.9	1.0	1.0	33.8	37.3	10.4%	1352.6	1585.9	15.2%
6	7	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	15.0	510.8	667.9	1.0	1.0	33.8	39.1	15.5%	1352.6	1702.6	22.9%
6	8	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	20.0	545.8	742.9	1.0	1.0	33.8	40.8	20.7%	1352.6	1819.3	30.5%
6	9	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	25.0	580.8	817.9	1.0	1.0	33.8	42.6	25.9%	1352.6	1935.9	38.1%
6	10	1	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	30.0	615.8	892.9	1.0	1.0	33.8	44.3	31.1%	1352.6	2052.6	45.7%
7	1	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.0	541.1	590.5	1.0	1.0	45.1	45.1	0.0%	1803.6	1803.6	0.0%
7	2	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.3	542.8	594.3	1.0	1.0	45.1	45.2	0.2%	1803.6	1809.5	0.3%
7	3	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.5	544.6	598.0	1.0	1.0	45.1	45.3	0.4%	1803.6	1815.3	0.6%
7	4	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	1.5	551.6	613.0	1.0	1.0	45.1	45.6	1.2%	1803.6	1838.6	1.7%
7	5	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	5.0	576.1	665.5	1.0	1.0	45.1	46.8	3.9%	1803.6	1920.3	5.8%
7	6	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	10.0	611.1	740.5	1.0	1.0	45.1	48.6	7.8%	1803.6	2037.0	11.5%
7	7	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	15.0	646.1	815.5	1.0	1.0	45.1	50.3	11.6%	1803.6	2153.6	17.3%
7	8	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	20.0	681.1	890.5	1.0	1.0	45.1	52.1	15.5%	1803.6	2270.3	23.0%
7	9	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	25.0	716.1	965.5	1.0	1.0	45.1	53.8	19.4%	1803.6	2387.0	28.8%
7	10	1	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	30.0	751.1	1040.5	1.0	1.0	45.1	55.6	23.3%	1803.6	2503.6	34.6%
8	1	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.0	676.4	738.2	1.0	1.0	56.4	56.4	0.0%	2254.7	2254.7	0.0%
8	2	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.3	678.2	742.0	1.0	1.0	56.4	56.5	0.2%	2254.7	2260.5	0.2%
8	3	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.5	679.9	745.7	1.0	1.0	56.4	56.5	0.3%	2254.7	2266.3	0.5%
8	4	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	1.5	686.9	760.7	1.0	1.0	56.4	56.9	0.9%	2254.7	2289.7	1.4%
8	5	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	5.0	711.4	813.2	1.0	1.0	56.4	58.1	3.1%	2254.7	2371.3	4.6%
8	6	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	10.0	746.4	888.2	1.0	1.0	56.4	59.9	6.2%	2254.7	2488.0	9.3%
8	7	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	15.0	781.4	963.2	1.0	1.0	56.4	61.6	9.3%	2254.7	2604.7	13.9%
8	8	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	20.0	816.4	1038.2	1.0	1.0	56.4	63.4	12.4%	2254.7	2721.3	18.5%
8	9	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	25.0	851.4	1113.2	1.0	1.0	56.4	65.1	15.5%	2254.7	2838.0	23.1%
8	10	1	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	30.0	886.4	1188.2	1.0	1.0	56.4	66.9	18.6%	2254.7	2954.7	27.8%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
9	1	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.0	811.7	885.9	1.0	1.0	67.6	67.6	0.0%	2705.7	2705.7	0.0%
9	2	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.3	813.5	889.6	1.0	1.0	67.6	67.7	0.1%	2705.7	2711.6	0.2%
9	3	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.5	815.2	893.4	1.0	1.0	67.6	67.8	0.3%	2705.7	2717.4	0.4%
9	4	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	1.5	822.2	908.4	1.0	1.0	67.6	68.2	0.8%	2705.7	2740.7	1.2%
9	5	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	5.0	846.7	960.9	1.0	1.0	67.6	69.4	2.6%	2705.7	2822.4	3.9%
9	6	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	10.0	881.7	1035.9	1.0	1.0	67.6	71.1	5.2%	2705.7	2939.1	7.7%
9	7	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	15.0	916.7	1110.9	1.0	1.0	67.6	72.9	7.8%	2705.7	3055.7	11.6%
9	8	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	20.0	951.7	1185.9	1.0	1.0	67.6	74.6	10.3%	2705.7	3172.4	15.5%
9	9	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	25.0	986.7	1260.9	1.0	1.0	67.6	76.4	12.9%	2705.7	3289.1	19.3%
9	10	1	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	30.0	1021.7	1335.9	1.0	1.0	67.6	78.1	15.5%	2705.7	3405.7	23.2%
10	1	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.0	1014.7	1107.3	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3382.3	0.0%
10	2	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.3	1016.4	1111.1	1.0	1.0	84.6	84.6	0.1%	3382.3	3388.1	0.2%
10	3	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.5	1018.2	1114.8	1.0	1.0	84.6	84.7	0.2%	3382.3	3393.9	0.3%
10	4	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	1.5	1025.2	1129.8	1.0	1.0	84.6	85.1	0.6%	3382.3	3417.3	0.9%
10	5	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	5.0	1049.7	1182.3	1.0	1.0	84.6	86.3	2.1%	3382.3	3498.9	3.1%
10	6	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	10.0	1084.7	1257.3	1.0	1.0	84.6	88.1	4.1%	3382.3	3615.6	6.2%
10	7	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	15.0	1119.7	1332.3	1.0	1.0	84.6	89.8	6.2%	3382.3	3732.3	9.3%
10	8	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	20.0	1154.7	1407.3	1.0	1.0	84.6	91.6	8.3%	3382.3	3848.9	12.4%
10	9	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	25.0	1189.7	1482.3	1.0	1.0	84.6	93.3	10.3%	3382.3	3965.6	15.5%
10	10	1	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	30.0	1224.7	1557.3	1.0	1.0	84.6	95.1	12.4%	3382.3	4082.3	18.6%
1	1	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.0	33.7	36.8	1.0	1.0	2.8	2.8	0.0%	112.2	112.2	0.0%
1	2	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.3	34.2	37.2	1.0	1.0	2.8	2.8	1.0%	112.2	114.2	1.1%
1	3	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.5	34.8	37.5	1.0	1.0	2.8	2.9	2.0%	112.2	116.1	2.3%
1	4	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	1.5	37.1	38.7	1.0	1.0	2.8	3.0	6.1%	112.2	123.7	6.8%
1	5	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	5.0	45.2	43.2	1.0	1.0	2.8	3.4	20.5%	112.2	150.6	22.7%
1	6	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	10.0	56.7	49.5	1.0	1.0	2.8	4.0	41.0%	112.2	188.9	45.5%
1	7	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	15.0	68.2	55.8	1.0	1.0	2.8	4.5	61.5%	112.2	227.2	68.2%
1	8	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	20.0	79.7	62.2	1.0	1.0	2.8	5.1	82.0%	112.2	265.6	90.9%



Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
1	9	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	25.0	91.2	68.5	1.0	1.0	2.8	5.7	102.5%	112.2	303.9	113.7%
1	10	2	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	30.0	102.7	74.8	1.0	1.0	2.8	6.3	123.0%	112.2	342.2	136.4%
2	1	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.0	54.0	59.0	1.0	1.0	4.5	4.5	0.0%	179.9	179.9	0.0%
2	2	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.3	54.5	59.3	1.0	1.0	4.5	4.5	0.6%	179.9	181.8	0.8%
2	3	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.5	55.1	59.6	1.0	1.0	4.5	4.6	1.3%	179.9	183.7	1.6%
2	4	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	1.5	57.4	60.9	1.0	1.0	4.5	4.7	3.8%	179.9	191.4	4.7%
2	5	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	5.0	65.5	65.3	1.0	1.0	4.5	5.1	12.8%	179.9	218.2	15.8%
2	6	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	10.0	77.0	71.6	1.0	1.0	4.5	5.6	25.6%	179.9	256.6	31.6%
2	7	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	15.0	88.5	78.0	1.0	1.0	4.5	6.2	38.4%	179.9	294.9	47.3%
2	8	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	20.0	100.0	84.3	1.0	1.0	4.5	6.8	51.1%	179.9	333.2	63.1%
2	9	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	25.0	111.5	90.6	1.0	1.0	4.5	7.4	63.9%	179.9	371.6	78.9%
2	10	2	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	30.0	123.0	97.0	1.0	1.0	4.5	7.9	76.7%	179.9	409.9	94.7%
3	1	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.0	67.5	73.7	1.0	1.0	5.6	5.6	0.0%	225.0	225.0	0.0%
3	2	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.3	68.1	74.1	1.0	1.0	5.6	5.7	0.5%	225.0	226.9	0.7%
3	3	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.5	68.6	74.4	1.0	1.0	5.6	5.7	1.0%	225.0	228.8	1.3%
3	4	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	1.5	70.9	75.6	1.0	1.0	5.6	5.8	3.1%	225.0	236.5	3.9%
3	5	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	5.0	79.0	80.1	1.0	1.0	5.6	6.2	10.2%	225.0	263.3	13.1%
3	6	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	10.0	90.5	86.4	1.0	1.0	5.6	6.8	20.4%	225.0	301.7	26.2%
3	7	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	15.0	102.0	92.7	1.0	1.0	5.6	7.3	30.7%	225.0	340.0	39.3%
3	8	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	20.0	113.5	99.1	1.0	1.0	5.6	7.9	40.9%	225.0	378.3	52.4%
3	9	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	25.0	125.0	105.4	1.0	1.0	5.6	8.5	51.1%	225.0	416.7	65.6%
3	10	2	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	30.0	136.5	111.7	1.0	1.0	5.6	9.1	61.3%	225.0	455.0	78.7%
4	1	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.0	135.2	147.6	1.0	1.0	11.3	11.3	0.0%	450.5	450.5	0.0%
4	2	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.3	135.7	147.9	1.0	1.0	11.3	11.3	0.3%	450.5	452.4	0.4%
4	3	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.5	136.3	148.2	1.0	1.0	11.3	11.3	0.5%	450.5	454.3	0.7%
4	4	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	1.5	138.6	149.5	1.0	1.0	11.3	11.4	1.5%	450.5	462.0	2.1%
4	5	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	5.0	146.7	153.9	1.0	1.0	11.3	11.8	5.1%	450.5	488.8	7.1%
4	6	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	10.0	158.2	160.2	1.0	1.0	11.3	12.4	10.2%	450.5	527.2	14.2%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
4	7	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	15.0	169.7	166.6	1.0	1.0	11.3	13.0	15.3%	450.5	565.5	21.3%
4	8	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	20.0	181.2	172.9	1.0	1.0	11.3	13.6	20.4%	450.5	603.8	28.4%
4	9	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	25.0	192.7	179.2	1.0	1.0	11.3	14.1	25.5%	450.5	642.2	35.5%
4	10	2	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	30.0	204.2	185.6	1.0	1.0	11.3	14.7	30.6%	450.5	680.5	42.6%
5	1	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.0	270.5	295.2	1.0	1.0	22.5	22.5	0.0%	901.6	901.6	0.0%
5	2	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.3	271.0	295.6	1.0	1.0	22.5	22.6	0.1%	901.6	903.5	0.2%
5	3	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.5	271.6	295.9	1.0	1.0	22.5	22.6	0.3%	901.6	905.4	0.4%
5	4	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	1.5	273.9	297.1	1.0	1.0	22.5	22.7	0.8%	901.6	913.1	1.1%
5	5	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	5.0	282.0	301.6	1.0	1.0	22.5	23.1	2.6%	901.6	939.9	3.7%
5	6	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	10.0	293.5	307.9	1.0	1.0	22.5	23.7	5.1%	901.6	978.2	7.4%
5	7	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	15.0	305.0	314.2	1.0	1.0	22.5	24.3	7.7%	901.6	1016.6	11.1%
5	8	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	20.0	316.5	320.6	1.0	1.0	22.5	24.8	10.2%	901.6	1054.9	14.8%
5	9	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	25.0	328.0	326.9	1.0	1.0	22.5	25.4	12.8%	901.6	1093.2	18.5%
5	10	2	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	30.0	339.5	333.2	1.0	1.0	22.5	26.0	15.3%	901.6	1131.6	22.2%
6	1	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.0	405.8	442.9	1.0	1.0	33.8	33.8	0.0%	1352.6	1352.6	0.0%
6	2	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.3	406.4	443.2	1.0	1.0	33.8	33.8	0.1%	1352.6	1354.5	0.1%
6	3	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.5	406.9	443.5	1.0	1.0	33.8	33.9	0.2%	1352.6	1356.4	0.3%
6	4	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	1.5	409.2	444.8	1.0	1.0	33.8	34.0	0.5%	1352.6	1364.1	0.8%
6	5	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	5.0	417.3	449.2	1.0	1.0	33.8	34.4	1.7%	1352.6	1390.9	2.5%
6	6	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	10.0	428.8	455.5	1.0	1.0	33.8	35.0	3.4%	1352.6	1429.3	5.0%
6	7	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	15.0	440.3	461.9	1.0	1.0	33.8	35.5	5.1%	1352.6	1467.6	7.5%
6	8	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	20.0	451.8	468.2	1.0	1.0	33.8	36.1	6.8%	1352.6	1505.9	10.0%
6	9	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	25.0	463.3	474.5	1.0	1.0	33.8	36.7	8.5%	1352.6	1544.3	12.5%
6	10	2	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	30.0	474.8	480.9	1.0	1.0	33.8	37.3	10.2%	1352.6	1582.6	15.0%
7	1	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.0	541.1	590.5	1.0	1.0	45.1	45.1	0.0%	1803.6	1803.6	0.0%
7	2	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.3	541.7	590.9	1.0	1.0	45.1	45.1	0.1%	1803.6	1805.6	0.1%
7	3	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.5	542.2	591.2	1.0	1.0	45.1	45.1	0.1%	1803.6	1807.5	0.2%
7	4	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	1.5	544.5	592.4	1.0	1.0	45.1	45.3	0.4%	1803.6	1815.1	0.6%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
7	5	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	5.0	552.6	596.9	1.0	1.0	45.1	45.7	1.3%	1803.6	1842.0	1.9%
7	6	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	10.0	564.1	603.2	1.0	1.0	45.1	46.2	2.6%	1803.6	1880.3	3.8%
7	7	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	15.0	575.6	609.5	1.0	1.0	45.1	46.8	3.8%	1803.6	1918.6	5.7%
7	8	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	20.0	587.1	615.9	1.0	1.0	45.1	47.4	5.1%	1803.6	1957.0	7.6%
7	9	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	25.0	598.6	622.2	1.0	1.0	45.1	48.0	6.4%	1803.6	1995.3	9.5%
7	10	2	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	30.0	610.1	628.5	1.0	1.0	45.1	48.5	7.7%	1803.6	2033.6	11.4%
8	1	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.0	676.4	738.2	1.0	1.0	56.4	56.4	0.0%	2254.7	2254.7	0.0%
8	2	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.3	677.0	738.5	1.0	1.0	56.4	56.4	0.1%	2254.7	2256.6	0.1%
8	3	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.5	677.6	738.8	1.0	1.0	56.4	56.4	0.1%	2254.7	2258.5	0.2%
8	4	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	1.5	679.9	740.1	1.0	1.0	56.4	56.5	0.3%	2254.7	2266.2	0.5%
8	5	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	5.0	687.9	744.5	1.0	1.0	56.4	56.9	1.0%	2254.7	2293.0	1.5%
8	6	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	10.0	699.4	750.9	1.0	1.0	56.4	57.5	2.0%	2254.7	2331.3	3.0%
8	7	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	15.0	710.9	757.2	1.0	1.0	56.4	58.1	3.1%	2254.7	2369.7	4.6%
8	8	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	20.0	722.4	763.5	1.0	1.0	56.4	58.7	4.1%	2254.7	2408.0	6.1%
8	9	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	25.0	733.9	769.9	1.0	1.0	56.4	59.2	5.1%	2254.7	2446.3	7.6%
8	10	2	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	30.0	745.4	776.2	1.0	1.0	56.4	59.8	6.1%	2254.7	2484.7	9.1%
9	1	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.0	811.7	885.9	1.0	1.0	67.6	67.6	0.0%	2705.7	2705.7	0.0%
9	2	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.3	812.3	886.2	1.0	1.0	67.6	67.7	0.0%	2705.7	2707.6	0.1%
9	3	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.5	812.9	886.5	1.0	1.0	67.6	67.7	0.1%	2705.7	2709.6	0.1%
9	4	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	1.5	815.2	887.8	1.0	1.0	67.6	67.8	0.3%	2705.7	2717.2	0.4%
9	5	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	5.0	823.2	892.2	1.0	1.0	67.6	68.2	0.9%	2705.7	2744.1	1.3%
9	6	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	10.0	834.7	898.5	1.0	1.0	67.6	68.8	1.7%	2705.7	2782.4	2.5%
9	7	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	15.0	846.2	904.8	1.0	1.0	67.6	69.4	2.6%	2705.7	2820.7	3.8%
9	8	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	20.0	857.7	911.2	1.0	1.0	67.6	69.9	3.4%	2705.7	2859.1	5.1%
9	9	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	25.0	869.2	917.5	1.0	1.0	67.6	70.5	4.3%	2705.7	2897.4	6.4%
9	10	2	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	30.0	880.7	923.8	1.0	1.0	67.6	71.1	5.1%	2705.7	2935.7	7.6%
10	1	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.0	1014.7	1107.3	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3382.3	0.0%
10	2	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.3	1015.3	1107.7	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3384.2	0.1%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
10	3	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.5	1015.8	1108.0	1.0	1.0	84.6	84.6	0.1%	3382.3	3386.1	0.1%
10	4	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	1.5	1018.1	1109.2	1.0	1.0	84.6	84.7	0.2%	3382.3	3393.8	0.3%
10	5	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	5.0	1026.2	1113.7	1.0	1.0	84.6	85.1	0.7%	3382.3	3420.6	1.0%
10	6	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	10.0	1037.7	1120.0	1.0	1.0	84.6	85.7	1.4%	3382.3	3458.9	2.0%
10	7	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	15.0	1049.2	1126.3	1.0	1.0	84.6	86.3	2.0%	3382.3	3497.3	3.1%
10	8	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	20.0	1060.7	1132.7	1.0	1.0	84.6	86.9	2.7%	3382.3	3535.6	4.1%
10	9	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	25.0	1072.2	1139.0	1.0	1.0	84.6	87.4	3.4%	3382.3	3573.9	5.1%
10	10	2	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	30.0	1083.7	1145.3	1.0	1.0	84.6	88.0	4.1%	3382.3	3612.3	6.1%
1	1	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.0	33.7	36.8	1.0	1.0	2.8	2.8	0.0%	112.2	112.2	0.0%
1	2	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.3	34.2	38.6	1.0	1.0	2.8	2.8	0.9%	112.2	113.9	1.0%
1	3	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.5	34.7	40.3	1.0	1.0	2.8	2.9	1.8%	112.2	115.6	2.0%
1	4	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	1.5	36.7	47.3	1.0	1.0	2.8	3.0	5.3%	112.2	122.2	5.9%
1	5	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	5.0	43.7	71.8	1.0	1.0	2.8	3.3	17.8%	112.2	145.6	19.8%
1	6	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	10.0	53.7	106.8	1.0	1.0	2.8	3.8	35.6%	112.2	178.9	39.5%
1	7	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	15.0	63.7	141.8	1.0	1.0	2.8	4.3	53.5%	112.2	212.2	59.3%
1	8	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	20.0	73.7	176.8	1.0	1.0	2.8	4.8	71.3%	112.2	245.6	79.1%
1	9	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	25.0	83.7	211.8	1.0	1.0	2.8	5.3	89.1%	112.2	278.9	98.8%
1	10	3	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	30.0	93.7	246.8	1.0	1.0	2.8	5.8	106.9%	112.2	312.2	118.6%
2	1	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.0	54.0	59.0	1.0	1.0	4.5	4.5	0.0%	179.9	179.9	0.0%
2	2	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.3	54.5	60.7	1.0	1.0	4.5	4.5	0.6%	179.9	181.6	0.7%
2	3	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.5	55.0	62.5	1.0	1.0	4.5	4.5	1.1%	179.9	183.2	1.4%
2	4	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	1.5	57.0	69.5	1.0	1.0	4.5	4.6	3.3%	179.9	189.9	4.1%
2	5	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	5.0	64.0	94.0	1.0	1.0	4.5	5.0	11.1%	179.9	213.2	13.7%
2	6	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	10.0	74.0	129.0	1.0	1.0	4.5	5.5	22.2%	179.9	246.6	27.4%
2	7	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	15.0	84.0	164.0	1.0	1.0	4.5	6.0	33.4%	179.9	279.9	41.2%
2	8	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	20.0	94.0	199.0	1.0	1.0	4.5	6.5	44.5%	179.9	313.2	54.9%
2	9	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	25.0	104.0	234.0	1.0	1.0	4.5	7.0	55.6%	179.9	346.6	68.6%
2	10	3	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	30.0	114.0	269.0	1.0	1.0	4.5	7.5	66.7%	179.9	379.9	82.3%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
3	1	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.0	67.5	73.7	1.0	1.0	5.6	5.6	0.0%	225.0	225.0	0.0%
3	2	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.3	68.0	75.5	1.0	1.0	5.6	5.6	0.4%	225.0	226.7	0.6%
3	3	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.5	68.5	77.2	1.0	1.0	5.6	5.7	0.9%	225.0	228.3	1.1%
3	4	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	1.5	70.5	84.2	1.0	1.0	5.6	5.8	2.7%	225.0	235.0	3.4%
3	5	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	5.0	77.5	108.7	1.0	1.0	5.6	6.1	8.9%	225.0	258.3	11.4%
3	6	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	10.0	87.5	143.7	1.0	1.0	5.6	6.6	17.8%	225.0	291.7	22.8%
3	7	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	15.0	97.5	178.7	1.0	1.0	5.6	7.1	26.7%	225.0	325.0	34.2%
3	8	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	20.0	107.5	213.7	1.0	1.0	5.6	7.6	35.6%	225.0	358.3	45.6%
3	9	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	25.0	117.5	248.7	1.0	1.0	5.6	8.1	44.4%	225.0	391.7	57.0%
3	10	3	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	30.0	127.5	283.7	1.0	1.0	5.6	8.6	53.3%	225.0	425.0	68.4%
4	1	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.0	135.2	147.6	1.0	1.0	11.3	11.3	0.0%	450.5	450.5	0.0%
4	2	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.3	135.7	149.3	1.0	1.0	11.3	11.3	0.2%	450.5	452.2	0.3%
4	3	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.5	136.2	151.1	1.0	1.0	11.3	11.3	0.4%	450.5	453.8	0.6%
4	4	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	1.5	138.2	158.1	1.0	1.0	11.3	11.4	1.3%	450.5	460.5	1.9%
4	5	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	5.0	145.2	182.6	1.0	1.0	11.3	11.8	4.4%	450.5	483.8	6.2%
4	6	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	10.0	155.2	217.6	1.0	1.0	11.3	12.3	8.9%	450.5	517.2	12.3%
4	7	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	15.0	165.2	252.6	1.0	1.0	11.3	12.8	13.3%	450.5	550.5	18.5%
4	8	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	20.0	175.2	287.6	1.0	1.0	11.3	13.3	17.8%	450.5	583.8	24.7%
4	9	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	25.0	185.2	322.6	1.0	1.0	11.3	13.8	22.2%	450.5	617.2	30.9%
4	10	3	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	30.0	195.2	357.6	1.0	1.0	11.3	14.3	26.6%	450.5	650.5	37.0%
5	1	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.0	270.5	295.2	1.0	1.0	22.5	22.5	0.0%	901.6	901.6	0.0%
5	2	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.3	271.0	297.0	1.0	1.0	22.5	22.6	0.1%	901.6	903.2	0.2%
5	3	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.5	271.5	298.7	1.0	1.0	22.5	22.6	0.2%	901.6	904.9	0.3%
5	4	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	1.5	273.5	305.7	1.0	1.0	22.5	22.7	0.7%	901.6	911.6	1.0%
5	5	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	5.0	280.5	330.2	1.0	1.0	22.5	23.0	2.2%	901.6	934.9	3.2%
5	6	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	10.0	290.5	365.2	1.0	1.0	22.5	23.5	4.4%	901.6	968.2	6.4%
5	7	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	15.0	300.5	400.2	1.0	1.0	22.5	24.0	6.7%	901.6	1001.6	9.7%
5	8	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	20.0	310.5	435.2	1.0	1.0	22.5	24.5	8.9%	901.6	1034.9	12.9%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
5	9	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	25.0	320.5	470.2	1.0	1.0	22.5	25.0	11.1%	901.6	1068.2	16.1%
5	10	3	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	30.0	330.5	505.2	1.0	1.0	22.5	25.5	13.3%	901.6	1101.6	19.3%
6	1	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.0	405.8	442.9	1.0	1.0	33.8	33.8	0.0%	1352.6	1352.6	0.0%
6	2	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.3	406.3	444.6	1.0	1.0	33.8	33.8	0.1%	1352.6	1354.3	0.1%
6	3	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.5	406.8	446.4	1.0	1.0	33.8	33.9	0.1%	1352.6	1355.9	0.2%
6	4	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	1.5	408.8	453.4	1.0	1.0	33.8	34.0	0.4%	1352.6	1362.6	0.7%
6	5	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	5.0	415.8	477.9	1.0	1.0	33.8	34.3	1.5%	1352.6	1385.9	2.2%
6	6	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	10.0	425.8	512.9	1.0	1.0	33.8	34.8	3.0%	1352.6	1419.3	4.4%
6	7	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	15.0	435.8	547.9	1.0	1.0	33.8	35.3	4.4%	1352.6	1452.6	6.5%
6	8	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	20.0	445.8	582.9	1.0	1.0	33.8	35.8	5.9%	1352.6	1485.9	8.7%
6	9	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	25.0	455.8	617.9	1.0	1.0	33.8	36.3	7.4%	1352.6	1519.3	10.9%
6	10	3	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	30.0	465.8	652.9	1.0	1.0	33.8	36.8	8.9%	1352.6	1552.6	13.1%
7	1	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.0	541.1	590.5	1.0	1.0	45.1	45.1	0.0%	1803.6	1803.6	0.0%
7	2	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.3	541.6	592.3	1.0	1.0	45.1	45.1	0.1%	1803.6	1805.3	0.1%
7	3	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.5	542.1	594.0	1.0	1.0	45.1	45.1	0.1%	1803.6	1807.0	0.2%
7	4	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	1.5	544.1	601.0	1.0	1.0	45.1	45.2	0.3%	1803.6	1813.6	0.5%
7	5	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	5.0	551.1	625.5	1.0	1.0	45.1	45.6	1.1%	1803.6	1837.0	1.6%
7	6	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	10.0	561.1	660.5	1.0	1.0	45.1	46.1	2.2%	1803.6	1870.3	3.3%
7	7	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	15.0	571.1	695.5	1.0	1.0	45.1	46.6	3.3%	1803.6	1903.6	4.9%
7	8	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	20.0	581.1	730.5	1.0	1.0	45.1	47.1	4.4%	1803.6	1937.0	6.6%
7	9	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	25.0	591.1	765.5	1.0	1.0	45.1	47.6	5.5%	1803.6	1970.3	8.2%
7	10	3	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	30.0	601.1	800.5	1.0	1.0	45.1	48.1	6.7%	1803.6	2003.6	9.9%
8	1	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.0	676.4	738.2	1.0	1.0	56.4	56.4	0.0%	2254.7	2254.7	0.0%
8	2	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.3	676.9	740.0	1.0	1.0	56.4	56.4	0.0%	2254.7	2256.3	0.1%
8	3	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.5	677.4	741.7	1.0	1.0	56.4	56.4	0.1%	2254.7	2258.0	0.1%
8	4	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	1.5	679.4	748.7	1.0	1.0	56.4	56.5	0.3%	2254.7	2264.7	0.4%
8	5	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	5.0	686.4	773.2	1.0	1.0	56.4	56.9	0.9%	2254.7	2288.0	1.3%
8	6	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	10.0	696.4	808.2	1.0	1.0	56.4	57.4	1.8%	2254.7	2321.3	2.6%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
8	7	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	15.0	706.4	843.2	1.0	1.0	56.4	57.9	2.7%	2254.7	2354.7	4.0%
8	8	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	20.0	716.4	878.2	1.0	1.0	56.4	58.4	3.5%	2254.7	2388.0	5.3%
8	9	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	25.0	726.4	913.2	1.0	1.0	56.4	58.9	4.4%	2254.7	2421.3	6.6%
8	10	3	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	30.0	736.4	948.2	1.0	1.0	56.4	59.4	5.3%	2254.7	2454.7	7.9%
9	1	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.0	811.7	885.9	1.0	1.0	67.6	67.6	0.0%	2705.7	2705.7	0.0%
9	2	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.3	812.2	887.6	1.0	1.0	67.6	67.7	0.0%	2705.7	2707.4	0.1%
9	3	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.5	812.7	889.4	1.0	1.0	67.6	67.7	0.1%	2705.7	2709.1	0.1%
9	4	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	1.5	814.7	896.4	1.0	1.0	67.6	67.8	0.2%	2705.7	2715.7	0.3%
9	5	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	5.0	821.7	920.9	1.0	1.0	67.6	68.1	0.7%	2705.7	2739.1	1.1%
9	6	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	10.0	831.7	955.9	1.0	1.0	67.6	68.6	1.5%	2705.7	2772.4	2.2%
9	7	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	15.0	841.7	990.9	1.0	1.0	67.6	69.1	2.2%	2705.7	2805.7	3.3%
9	8	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	20.0	851.7	1025.9	1.0	1.0	67.6	69.6	3.0%	2705.7	2839.1	4.4%
9	9	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	25.0	861.7	1060.9	1.0	1.0	67.6	70.1	3.7%	2705.7	2872.4	5.5%
9	10	3	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	30.0	871.7	1095.9	1.0	1.0	67.6	70.6	4.4%	2705.7	2905.7	6.6%
10	1	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.0	1014.7	1107.3	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3382.3	0.0%
10	2	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.3	1015.2	1109.1	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3383.9	0.0%
10	3	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.5	1015.7	1110.8	1.0	1.0	84.6	84.6	0.1%	3382.3	3385.6	0.1%
10	4	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	1.5	1017.7	1117.8	1.0	1.0	84.6	84.7	0.2%	3382.3	3392.3	0.3%
10	5	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	5.0	1024.7	1142.3	1.0	1.0	84.6	85.1	0.6%	3382.3	3415.6	0.9%
10	6	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	10.0	1034.7	1177.3	1.0	1.0	84.6	85.6	1.2%	3382.3	3448.9	1.8%
10	7	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	15.0	1044.7	1212.3	1.0	1.0	84.6	86.1	1.8%	3382.3	3482.3	2.7%
10	8	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	20.0	1054.7	1247.3	1.0	1.0	84.6	86.6	2.4%	3382.3	3515.6	3.5%
10	9	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	25.0	1064.7	1282.3	1.0	1.0	84.6	87.1	3.0%	3382.3	3548.9	4.4%
10	10	3	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	30.0	1074.7	1317.3	1.0	1.0	84.6	87.6	3.5%	3382.3	3582.3	5.3%
1	1	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.0	33.7	36.8	1.0	1.0	2.8	2.8	0.0%	112.2	112.2	0.0%
1	2	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.3	34.1	37.5	1.0	1.0	2.8	2.8	0.7%	112.2	113.6	0.8%
1	3	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.5	34.5	38.1	1.0	1.0	2.8	2.8	1.4%	112.2	114.9	1.6%
1	4	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	1.5	36.1	40.7	1.0	1.0	2.8	2.9	4.3%	112.2	120.2	4.7%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
1	5	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	5.0	41.7	49.8	1.0	1.0	2.8	3.2	14.3%	112.2	138.9	15.8%
1	6	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	10.0	49.7	62.8	1.0	1.0	2.8	3.6	28.5%	112.2	165.6	31.6%
1	7	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	15.0	57.7	75.8	1.0	1.0	2.8	4.0	42.8%	112.2	192.2	47.4%
1	8	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	20.0	65.7	88.8	1.0	1.0	2.8	4.4	57.0%	112.2	218.9	63.3%
1	9	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	25.0	73.7	101.8	1.0	1.0	2.8	4.8	71.3%	112.2	245.6	79.1%
1	10	4	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	30.0	81.7	114.8	1.0	1.0	2.8	5.2	85.5%	112.2	272.2	94.9%
2	1	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.0	54.0	59.0	1.0	1.0	4.5	4.5	0.0%	179.9	179.9	0.0%
2	2	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.3	54.4	59.6	1.0	1.0	4.5	4.5	0.4%	179.9	181.2	0.5%
2	3	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.5	54.8	60.3	1.0	1.0	4.5	4.5	0.9%	179.9	182.6	1.1%
2	4	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	1.5	56.4	62.9	1.0	1.0	4.5	4.6	2.7%	179.9	187.9	3.3%
2	5	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	5.0	62.0	72.0	1.0	1.0	4.5	4.9	8.9%	179.9	206.6	11.0%
2	6	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	10.0	70.0	85.0	1.0	1.0	4.5	5.3	17.8%	179.9	233.2	22.0%
2	7	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	15.0	78.0	98.0	1.0	1.0	4.5	5.7	26.7%	179.9	259.9	32.9%
2	8	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	20.0	86.0	111.0	1.0	1.0	4.5	6.1	35.6%	179.9	286.6	43.9%
2	9	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	25.0	94.0	124.0	1.0	1.0	4.5	6.5	44.5%	179.9	313.2	54.9%
2	10	4	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	30.0	102.0	137.0	1.0	1.0	4.5	6.9	53.4%	179.9	339.9	65.9%
3	1	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.0	67.5	73.7	1.0	1.0	5.6	5.6	0.0%	225.0	225.0	0.0%
3	2	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.3	67.9	74.4	1.0	1.0	5.6	5.6	0.4%	225.0	226.3	0.5%
3	3	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.5	68.3	75.0	1.0	1.0	5.6	5.7	0.7%	225.0	227.7	0.9%
3	4	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	1.5	69.9	77.6	1.0	1.0	5.6	5.7	2.1%	225.0	233.0	2.7%
3	5	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	5.0	75.5	86.7	1.0	1.0	5.6	6.0	7.1%	225.0	251.7	9.1%
3	6	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	10.0	83.5	99.7	1.0	1.0	5.6	6.4	14.2%	225.0	278.3	18.2%
3	7	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	15.0	91.5	112.7	1.0	1.0	5.6	6.8	21.3%	225.0	305.0	27.4%
3	8	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	20.0	99.5	125.7	1.0	1.0	5.6	7.2	28.4%	225.0	331.7	36.5%
3	9	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	25.0	107.5	138.7	1.0	1.0	5.6	7.6	35.6%	225.0	358.3	45.6%
3	10	4	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	30.0	115.5	151.7	1.0	1.0	5.6	8.0	42.7%	225.0	385.0	54.7%
4	1	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.0	135.2	147.6	1.0	1.0	11.3	11.3	0.0%	450.5	450.5	0.0%
4	2	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.3	135.6	148.2	1.0	1.0	11.3	11.3	0.2%	450.5	451.8	0.2%



Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
4	3	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.5	136.0	148.9	1.0	1.0	11.3	11.3	0.4%	450.5	453.2	0.5%
4	4	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	1.5	137.6	151.5	1.0	1.0	11.3	11.4	1.1%	450.5	458.5	1.5%
4	5	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	5.0	143.2	160.6	1.0	1.0	11.3	11.7	3.6%	450.5	477.2	4.9%
4	6	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	10.0	151.2	173.6	1.0	1.0	11.3	12.1	7.1%	450.5	503.8	9.9%
4	7	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	15.0	159.2	186.6	1.0	1.0	11.3	12.5	10.7%	450.5	530.5	14.8%
4	8	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	20.0	167.2	199.6	1.0	1.0	11.3	12.9	14.2%	450.5	557.2	19.8%
4	9	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	25.0	175.2	212.6	1.0	1.0	11.3	13.3	17.8%	450.5	583.8	24.7%
4	10	4	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	30.0	183.2	225.6	1.0	1.0	11.3	13.7	21.3%	450.5	610.5	29.6%
5	1	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.0	270.5	295.2	1.0	1.0	22.5	22.5	0.0%	901.6	901.6	0.0%
5	2	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.3	270.9	295.9	1.0	1.0	22.5	22.6	0.1%	901.6	902.9	0.1%
5	3	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.5	271.3	296.5	1.0	1.0	22.5	22.6	0.2%	901.6	904.2	0.3%
5	4	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	1.5	272.9	299.1	1.0	1.0	22.5	22.7	0.5%	901.6	909.6	0.8%
5	5	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	5.0	278.5	308.2	1.0	1.0	22.5	22.9	1.8%	901.6	928.2	2.6%
5	6	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	10.0	286.5	321.2	1.0	1.0	22.5	23.3	3.5%	901.6	954.9	5.2%
5	7	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	15.0	294.5	334.2	1.0	1.0	22.5	23.7	5.3%	901.6	981.6	7.7%
5	8	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	20.0	302.5	347.2	1.0	1.0	22.5	24.1	7.1%	901.6	1008.2	10.3%
5	9	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	25.0	310.5	360.2	1.0	1.0	22.5	24.5	8.9%	901.6	1034.9	12.9%
5	10	4	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	30.0	318.5	373.2	1.0	1.0	22.5	24.9	10.6%	901.6	1061.6	15.5%
6	1	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.0	405.8	442.9	1.0	1.0	33.8	33.8	0.0%	1352.6	1352.6	0.0%
6	2	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.3	406.2	443.5	1.0	1.0	33.8	33.8	0.1%	1352.6	1353.9	0.1%
6	3	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.5	406.6	444.2	1.0	1.0	33.8	33.9	0.1%	1352.6	1355.3	0.2%
6	4	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	1.5	408.2	446.8	1.0	1.0	33.8	33.9	0.4%	1352.6	1360.6	0.5%
6	5	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	5.0	413.8	455.9	1.0	1.0	33.8	34.2	1.2%	1352.6	1379.3	1.7%
6	6	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	10.0	421.8	468.9	1.0	1.0	33.8	34.6	2.4%	1352.6	1405.9	3.5%
6	7	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	15.0	429.8	481.9	1.0	1.0	33.8	35.0	3.5%	1352.6	1432.6	5.2%
6	8	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	20.0	437.8	494.9	1.0	1.0	33.8	35.4	4.7%	1352.6	1459.3	7.0%
6	9	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	25.0	445.8	507.9	1.0	1.0	33.8	35.8	5.9%	1352.6	1485.9	8.7%
6	10	4	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	30.0	453.8	520.9	1.0	1.0	33.8	36.2	7.1%	1352.6	1512.6	10.5%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
7	1	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.0	541.1	590.5	1.0	1.0	45.1	45.1	0.0%	1803.6	1803.6	0.0%
7	2	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.3	541.5	591.2	1.0	1.0	45.1	45.1	0.0%	1803.6	1805.0	0.1%
7	3	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.5	541.9	591.8	1.0	1.0	45.1	45.1	0.1%	1803.6	1806.3	0.1%
7	4	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	1.5	543.5	594.4	1.0	1.0	45.1	45.2	0.3%	1803.6	1811.6	0.4%
7	5	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	5.0	549.1	603.5	1.0	1.0	45.1	45.5	0.9%	1803.6	1830.3	1.3%
7	6	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	10.0	557.1	616.5	1.0	1.0	45.1	45.9	1.8%	1803.6	1857.0	2.6%
7	7	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	15.0	565.1	629.5	1.0	1.0	45.1	46.3	2.7%	1803.6	1883.6	4.0%
7	8	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	20.0	573.1	642.5	1.0	1.0	45.1	46.7	3.5%	1803.6	1910.3	5.3%
7	9	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	25.0	581.1	655.5	1.0	1.0	45.1	47.1	4.4%	1803.6	1937.0	6.6%
7	10	4	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	30.0	589.1	668.5	1.0	1.0	45.1	47.5	5.3%	1803.6	1963.6	7.9%
8	1	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.0	676.4	738.2	1.0	1.0	56.4	56.4	0.0%	2254.7	2254.7	0.0%
8	2	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.3	676.8	738.9	1.0	1.0	56.4	56.4	0.0%	2254.7	2256.0	0.1%
8	3	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.5	677.2	739.5	1.0	1.0	56.4	56.4	0.1%	2254.7	2257.3	0.1%
8	4	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	1.5	678.8	742.1	1.0	1.0	56.4	56.5	0.2%	2254.7	2262.7	0.3%
8	5	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	5.0	684.4	751.2	1.0	1.0	56.4	56.8	0.7%	2254.7	2281.3	1.1%
8	6	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	10.0	692.4	764.2	1.0	1.0	56.4	57.2	1.4%	2254.7	2308.0	2.1%
8	7	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	15.0	700.4	777.2	1.0	1.0	56.4	57.6	2.1%	2254.7	2334.7	3.2%
8	8	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	20.0	708.4	790.2	1.0	1.0	56.4	58.0	2.8%	2254.7	2361.3	4.2%
8	9	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	25.0	716.4	803.2	1.0	1.0	56.4	58.4	3.5%	2254.7	2388.0	5.3%
8	10	4	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	30.0	724.4	816.2	1.0	1.0	56.4	58.8	4.3%	2254.7	2414.7	6.3%
9	1	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.0	811.7	885.9	1.0	1.0	67.6	67.6	0.0%	2705.7	2705.7	0.0%
9	2	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.3	812.1	886.5	1.0	1.0	67.6	67.7	0.0%	2705.7	2707.1	0.0%
9	3	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.5	812.5	887.2	1.0	1.0	67.6	67.7	0.1%	2705.7	2708.4	0.1%
9	4	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	1.5	814.1	889.8	1.0	1.0	67.6	67.8	0.2%	2705.7	2713.7	0.3%
9	5	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	5.0	819.7	898.9	1.0	1.0	67.6	68.0	0.6%	2705.7	2732.4	0.9%
9	6	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	10.0	827.7	911.9	1.0	1.0	67.6	68.4	1.2%	2705.7	2759.1	1.8%
9	7	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	15.0	835.7	924.9	1.0	1.0	67.6	68.8	1.8%	2705.7	2785.7	2.7%
9	8	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	20.0	843.7	937.9	1.0	1.0	67.6	69.2	2.4%	2705.7	2812.4	3.5%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
9	9	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	25.0	851.7	950.9	1.0	1.0	67.6	69.6	3.0%	2705.7	2839.1	4.4%
9	10	4	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	30.0	859.7	963.9	1.0	1.0	67.6	70.0	3.5%	2705.7	2865.7	5.3%
10	1	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.0	1014.7	1107.3	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3382.3	0.0%
10	2	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.3	1015.1	1108.0	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3383.6	0.0%
10	3	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.5	1015.5	1108.6	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3384.9	0.1%
10	4	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	1.5	1017.1	1111.2	1.0	1.0	84.6	84.7	0.1%	3382.3	3390.3	0.2%
10	5	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	5.0	1022.7	1120.3	1.0	1.0	84.6	85.0	0.5%	3382.3	3408.9	0.7%
10	6	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	10.0	1030.7	1133.3	1.0	1.0	84.6	85.4	0.9%	3382.3	3435.6	1.4%
10	7	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	15.0	1038.7	1146.3	1.0	1.0	84.6	85.8	1.4%	3382.3	3462.3	2.1%
10	8	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	20.0	1046.7	1159.3	1.0	1.0	84.6	86.2	1.9%	3382.3	3488.9	2.8%
10	9	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	25.0	1054.7	1172.3	1.0	1.0	84.6	86.6	2.4%	3382.3	3515.6	3.5%
10	10	4	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	30.0	1062.7	1185.3	1.0	1.0	84.6	87.0	2.8%	3382.3	3542.3	4.3%
1	1	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.0	33.7	36.8	1.0	1.0	2.8	2.8	0.0%	112.2	112.2	0.0%
1	2	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.3	36.2	48.1	1.0	1.0	2.8	2.9	4.6%	112.2	120.8	5.1%
1	3	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.5	38.8	59.3	1.0	1.0	2.8	3.1	9.2%	112.2	129.4	10.2%
1	4	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	1.5	49.1	104.3	1.0	1.0	2.8	3.6	27.5%	112.2	163.7	30.5%
1	5	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	5.0	85.2	261.8	1.0	1.0	2.8	5.4	91.8%	112.2	283.9	101.8%
1	6	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	10.0	136.7	486.8	1.0	1.0	2.8	8.0	183.5%	112.2	455.6	203.6%
1	7	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	15.0	188.2	711.8	1.0	1.0	2.8	10.5	275.3%	112.2	627.2	305.4%
1	8	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	20.0	239.7	936.8	1.0	1.0	2.8	13.1	367.1%	112.2	798.9	407.2%
1	9	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	25.0	291.2	1161.8	1.0	1.0	2.8	15.7	458.9%	112.2	970.6	509.0%
1	10	5	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	30.0	342.7	1386.8	1.0	1.0	2.8	18.3	550.6%	112.2	1142.2	610.8%
2	1	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.0	54.0	59.0	1.0	1.0	4.5	4.5	0.0%	179.9	179.9	0.0%
2	2	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.3	56.5	70.2	1.0	1.0	4.5	4.6	2.9%	179.9	188.5	3.5%
2	3	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.5	59.1	81.5	1.0	1.0	4.5	4.8	5.7%	179.9	197.1	7.1%
2	4	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	1.5	69.4	126.5	1.0	1.0	4.5	5.3	17.2%	179.9	231.4	21.2%
2	5	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	5.0	105.5	284.0	1.0	1.0	4.5	7.1	57.3%	179.9	351.6	70.7%
2	6	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	10.0	157.0	509.0	1.0	1.0	4.5	9.6	114.5%	179.9	523.2	141.4%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
2	7	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	15.0	208.5	734.0	1.0	1.0	4.5	12.2	171.8%	179.9	694.9	212.0%
2	8	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	20.0	260.0	959.0	1.0	1.0	4.5	14.8	229.0%	179.9	866.6	282.7%
2	9	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	25.0	311.5	1184.0	1.0	1.0	4.5	17.4	286.3%	179.9	1038.2	353.4%
2	10	5	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	30.0	363.0	1409.0	1.0	1.0	4.5	19.9	343.5%	179.9	1209.9	424.1%
3	1	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.0	67.5	73.7	1.0	1.0	5.6	5.6	0.0%	225.0	225.0	0.0%
3	2	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.3	70.1	85.0	1.0	1.0	5.6	5.8	2.3%	225.0	233.6	2.9%
3	3	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.5	72.6	96.2	1.0	1.0	5.6	5.9	4.6%	225.0	242.2	5.9%
3	4	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	1.5	82.9	141.2	1.0	1.0	5.6	6.4	13.7%	225.0	276.5	17.6%
3	5	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	5.0	119.0	298.7	1.0	1.0	5.6	8.2	45.8%	225.0	396.7	58.7%
3	6	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	10.0	170.5	523.7	1.0	1.0	5.6	10.8	91.6%	225.0	568.3	117.4%
3	7	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	15.0	222.0	748.7	1.0	1.0	5.6	13.3	137.3%	225.0	740.0	176.1%
3	8	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	20.0	273.5	973.7	1.0	1.0	5.6	15.9	183.1%	225.0	911.7	234.8%
3	9	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	25.0	325.0	1198.7	1.0	1.0	5.6	18.5	228.9%	225.0	1083.3	293.6%
3	10	5	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	30.0	376.5	1423.7	1.0	1.0	5.6	21.1	274.7%	225.0	1255.0	352.3%
4	1	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.0	135.2	147.6	1.0	1.0	11.3	11.3	0.0%	450.5	450.5	0.0%
4	2	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.3	137.7	158.8	1.0	1.0	11.3	11.4	1.1%	450.5	459.1	1.6%
4	3	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.5	140.3	170.1	1.0	1.0	11.3	11.5	2.3%	450.5	467.7	3.2%
4	4	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	1.5	150.6	215.1	1.0	1.0	11.3	12.0	6.9%	450.5	502.0	9.5%
4	5	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	5.0	186.7	372.6	1.0	1.0	11.3	13.8	22.9%	450.5	622.2	31.8%
4	6	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	10.0	238.2	597.6	1.0	1.0	11.3	16.4	45.7%	450.5	793.8	63.6%
4	7	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	15.0	289.7	822.6	1.0	1.0	11.3	19.0	68.6%	450.5	965.5	95.4%
4	8	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	20.0	341.2	1047.6	1.0	1.0	11.3	21.6	91.5%	450.5	1137.2	127.2%
4	9	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	25.0	392.7	1272.6	1.0	1.0	11.3	24.1	114.3%	450.5	1308.8	159.0%
4	10	5	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	30.0	444.2	1497.6	1.0	1.0	11.3	26.7	137.2%	450.5	1480.5	190.8%
5	1	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.0	270.5	295.2	1.0	1.0	22.5	22.5	0.0%	901.6	901.6	0.0%
5	2	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.3	273.0	306.5	1.0	1.0	22.5	22.7	0.6%	901.6	910.1	0.8%
5	3	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.5	275.6	317.7	1.0	1.0	22.5	22.8	1.1%	901.6	918.7	1.7%
5	4	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	1.5	285.9	362.7	1.0	1.0	22.5	23.3	3.4%	901.6	953.1	5.0%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
5	5	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	5.0	322.0	520.2	1.0	1.0	22.5	25.1	11.4%	901.6	1073.2	16.6%
5	6	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	10.0	373.5	745.2	1.0	1.0	22.5	27.7	22.8%	901.6	1244.9	33.2%
5	7	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	15.0	425.0	970.2	1.0	1.0	22.5	30.3	34.3%	901.6	1416.6	49.8%
5	8	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	20.0	476.5	1195.2	1.0	1.0	22.5	32.8	45.7%	901.6	1588.2	66.3%
5	9	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	25.0	528.0	1420.2	1.0	1.0	22.5	35.4	57.1%	901.6	1759.9	82.9%
5	10	5	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	30.0	579.5	1645.2	1.0	1.0	22.5	38.0	68.5%	901.6	1931.6	99.5%
6	1	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.0	405.8	442.9	1.0	1.0	33.8	33.8	0.0%	1352.6	1352.6	0.0%
6	2	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.3	408.4	454.1	1.0	1.0	33.8	33.9	0.4%	1352.6	1361.2	0.6%
6	3	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.5	410.9	465.4	1.0	1.0	33.8	34.1	0.8%	1352.6	1369.8	1.1%
6	4	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	1.5	421.2	510.4	1.0	1.0	33.8	34.6	2.3%	1352.6	1404.1	3.4%
6	5	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	5.0	457.3	667.9	1.0	1.0	33.8	36.4	7.6%	1352.6	1524.3	11.2%
6	6	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	10.0	508.8	892.9	1.0	1.0	33.8	39.0	15.2%	1352.6	1695.9	22.4%
6	7	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	15.0	560.3	1117.9	1.0	1.0	33.8	41.5	22.8%	1352.6	1867.6	33.7%
6	8	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	20.0	611.8	1342.9	1.0	1.0	33.8	44.1	30.5%	1352.6	2039.3	44.9%
6	9	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	25.0	663.3	1567.9	1.0	1.0	33.8	46.7	38.1%	1352.6	2210.9	56.1%
6	10	5	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	30.0	714.8	1792.9	1.0	1.0	33.8	49.3	45.7%	1352.6	2382.6	67.3%
7	1	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.0	541.1	590.5	1.0	1.0	45.1	45.1	0.0%	1803.6	1803.6	0.0%
7	2	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.3	543.7	601.8	1.0	1.0	45.1	45.2	0.3%	1803.6	1812.2	0.4%
7	3	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.5	546.2	613.0	1.0	1.0	45.1	45.3	0.6%	1803.6	1820.8	0.8%
7	4	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	1.5	556.5	658.0	1.0	1.0	45.1	45.9	1.7%	1803.6	1855.1	2.5%
7	5	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	5.0	592.6	815.5	1.0	1.0	45.1	47.7	5.7%	1803.6	1975.3	8.5%
7	6	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	10.0	644.1	1040.5	1.0	1.0	45.1	50.2	11.4%	1803.6	2147.0	17.0%
7	7	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	15.0	695.6	1265.5	1.0	1.0	45.1	52.8	17.1%	1803.6	2318.6	25.4%
7	8	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	20.0	747.1	1490.5	1.0	1.0	45.1	55.4	22.8%	1803.6	2490.3	33.9%
7	9	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	25.0	798.6	1715.5	1.0	1.0	45.1	58.0	28.6%	1803.6	2662.0	42.4%
7	10	5	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	30.0	850.1	1940.5	1.0	1.0	45.1	60.5	34.3%	1803.6	2833.6	50.9%
8	1	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.0	676.4	738.2	1.0	1.0	56.4	56.4	0.0%	2254.7	2254.7	0.0%
8	2	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.3	679.0	749.5	1.0	1.0	56.4	56.5	0.2%	2254.7	2263.3	0.3%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
8	3	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.5	681.6	760.7	1.0	1.0	56.4	56.6	0.5%	2254.7	2271.8	0.7%
8	4	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	1.5	691.9	805.7	1.0	1.0	56.4	57.1	1.4%	2254.7	2306.2	2.0%
8	5	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	5.0	727.9	963.2	1.0	1.0	56.4	58.9	4.6%	2254.7	2426.3	6.8%
8	6	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	10.0	779.4	1188.2	1.0	1.0	56.4	61.5	9.1%	2254.7	2598.0	13.6%
8	7	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	15.0	830.9	1413.2	1.0	1.0	56.4	64.1	13.7%	2254.7	2769.7	20.4%
8	8	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	20.0	882.4	1638.2	1.0	1.0	56.4	66.7	18.3%	2254.7	2941.3	27.2%
8	9	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	25.0	933.9	1863.2	1.0	1.0	56.4	69.2	22.8%	2254.7	3113.0	34.1%
8	10	5	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	30.0	985.4	2088.2	1.0	1.0	56.4	71.8	27.4%	2254.7	3284.7	40.9%
9	1	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.0	811.7	885.9	1.0	1.0	67.6	67.6	0.0%	2705.7	2705.7	0.0%
9	2	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.3	814.3	897.1	1.0	1.0	67.6	67.8	0.2%	2705.7	2714.3	0.3%
9	3	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.5	816.9	908.4	1.0	1.0	67.6	67.9	0.4%	2705.7	2722.9	0.6%
9	4	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	1.5	827.2	953.4	1.0	1.0	67.6	68.4	1.1%	2705.7	2757.2	1.7%
9	5	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	5.0	863.2	1110.9	1.0	1.0	67.6	70.2	3.8%	2705.7	2877.4	5.7%
9	6	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	10.0	914.7	1335.9	1.0	1.0	67.6	72.8	7.6%	2705.7	3049.1	11.4%
9	7	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	15.0	966.2	1560.9	1.0	1.0	67.6	75.4	11.4%	2705.7	3220.7	17.1%
9	8	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	20.0	1017.7	1785.9	1.0	1.0	67.6	77.9	15.2%	2705.7	3392.4	22.8%
9	9	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	25.0	1069.2	2010.9	1.0	1.0	67.6	80.5	19.0%	2705.7	3564.1	28.5%
9	10	5	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	30.0	1120.7	2235.9	1.0	1.0	67.6	83.1	22.8%	2705.7	3735.7	34.2%
10	1	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.0	1014.7	1107.3	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3382.3	0.0%
10	2	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.3	1017.3	1118.6	1.0	1.0	84.6	84.7	0.2%	3382.3	3390.9	0.2%
10	3	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.5	1019.8	1129.8	1.0	1.0	84.6	84.8	0.3%	3382.3	3399.4	0.5%
10	4	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	1.5	1030.1	1174.8	1.0	1.0	84.6	85.3	0.9%	3382.3	3433.8	1.4%
10	5	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	5.0	1066.2	1332.3	1.0	1.0	84.6	87.1	3.0%	3382.3	3553.9	4.6%
10	6	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	10.0	1117.7	1557.3	1.0	1.0	84.6	89.7	6.1%	3382.3	3725.6	9.1%
10	7	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	15.0	1169.2	1782.3	1.0	1.0	84.6	92.3	9.1%	3382.3	3897.3	13.7%
10	8	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	20.0	1220.7	2007.3	1.0	1.0	84.6	94.9	12.2%	3382.3	4068.9	18.3%
10	9	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	25.0	1272.2	2232.3	1.0	1.0	84.6	97.4	15.2%	3382.3	4240.6	22.8%
10	10	5	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	30.0	1323.7	2457.3	1.0	1.0	84.6	100.0	18.3%	3382.3	4412.3	27.4%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
1	1	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.0	33.7	36.8	1.0	1.0	2.8	2.8	0.0%	112.2	112.2	0.0%
1	2	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.3	34.7	39.0	1.0	1.0	2.8	2.9	1.8%	112.2	115.6	2.0%
1	3	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	0.5	35.7	41.1	1.0	1.0	2.8	2.9	3.6%	112.2	118.9	4.0%
1	4	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	1.5	39.7	49.6	1.0	1.0	2.8	3.1	10.7%	112.2	132.2	11.9%
1	5	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	5.0	53.7	79.3	1.0	1.0	2.8	3.8	35.6%	112.2	178.9	39.5%
1	6	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	10.0	73.7	121.8	1.0	1.0	2.8	4.8	71.3%	112.2	245.6	79.1%
1	7	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	15.0	93.7	164.3	1.0	1.0	2.8	5.8	106.9%	112.2	312.2	118.6%
1	8	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	20.0	113.7	206.8	1.0	1.0	2.8	6.8	142.6%	112.2	378.9	158.1%
1	9	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	25.0	133.7	249.3	1.0	1.0	2.8	7.8	178.2%	112.2	445.6	197.7%
1	10	6	500	168.6	33.7	36.8	5.0	1.3	30.0	153.7	291.8	1.0	1.0	2.8	8.8	213.8%	112.2	512.2	237.2%
2	1	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.0	54.0	59.0	1.0	1.0	4.5	4.5	0.0%	179.9	179.9	0.0%
2	2	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.3	55.0	61.1	1.0	1.0	4.5	4.5	1.1%	179.9	183.2	1.4%
2	3	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	0.5	56.0	63.2	1.0	1.0	4.5	4.6	2.2%	179.9	186.6	2.7%
2	4	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	1.5	60.0	71.7	1.0	1.0	4.5	4.8	6.7%	179.9	199.9	8.2%
2	5	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	5.0	74.0	101.5	1.0	1.0	4.5	5.5	22.2%	179.9	246.6	27.4%
2	6	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	10.0	94.0	144.0	1.0	1.0	4.5	6.5	44.5%	179.9	313.2	54.9%
2	7	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	15.0	114.0	186.5	1.0	1.0	4.5	7.5	66.7%	179.9	379.9	82.3%
2	8	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	20.0	134.0	229.0	1.0	1.0	4.5	8.5	88.9%	179.9	446.6	109.8%
2	9	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	25.0	154.0	271.5	1.0	1.0	4.5	9.5	111.2%	179.9	513.2	137.2%
2	10	6	800	242.9	54.0	59.0	8.0	2.1	30.0	174.0	314.0	1.0	1.0	4.5	10.5	133.4%	179.9	579.9	164.7%
3	1	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.0	67.5	73.7	1.0	1.0	5.6	5.6	0.0%	225.0	225.0	0.0%
3	2	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.3	68.5	75.9	1.0	1.0	5.6	5.7	0.9%	225.0	228.3	1.1%
3	3	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	0.5	69.5	78.0	1.0	1.0	5.6	5.7	1.8%	225.0	231.7	2.3%
3	4	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	1.5	73.5	86.5	1.0	1.0	5.6	5.9	5.3%	225.0	245.0	6.8%
3	5	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	5.0	87.5	116.2	1.0	1.0	5.6	6.6	17.8%	225.0	291.7	22.8%
3	6	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	10.0	107.5	158.7	1.0	1.0	5.6	7.6	35.6%	225.0	358.3	45.6%
3	7	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	15.0	127.5	201.2	1.0	1.0	5.6	8.6	53.3%	225.0	425.0	68.4%
3	8	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	20.0	147.5	243.7	1.0	1.0	5.6	9.6	71.1%	225.0	491.7	91.2%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
3	9	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	25.0	167.5	286.2	1.0	1.0	5.6	10.6	88.9%	225.0	558.3	114.0%
3	10	6	1 000	292.4	67.5	73.7	10.0	2.7	30.0	187.5	328.7	1.0	1.0	5.6	11.6	106.7%	225.0	625.0	136.8%
4	1	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.0	135.2	147.6	1.0	1.0	11.3	11.3	0.0%	450.5	450.5	0.0%
4	2	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.3	136.2	149.7	1.0	1.0	11.3	11.3	0.4%	450.5	453.8	0.6%
4	3	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	0.5	137.2	151.8	1.0	1.0	11.3	11.4	0.9%	450.5	457.2	1.2%
4	4	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	1.5	141.2	160.3	1.0	1.0	11.3	11.6	2.7%	450.5	470.5	3.7%
4	5	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	5.0	155.2	190.1	1.0	1.0	11.3	12.3	8.9%	450.5	517.2	12.3%
4	6	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	10.0	175.2	232.6	1.0	1.0	11.3	13.3	17.8%	450.5	583.8	24.7%
4	7	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	15.0	195.2	275.1	1.0	1.0	11.3	14.3	26.6%	450.5	650.5	37.0%
4	8	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	20.0	215.2	317.6	1.0	1.0	11.3	15.3	35.5%	450.5	717.2	49.4%
4	9	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	25.0	235.2	360.1	1.0	1.0	11.3	16.3	44.4%	450.5	783.8	61.7%
4	10	6	2 000	539.9	135.2	147.6	20.0	5.3	30.0	255.2	402.6	1.0	1.0	11.3	17.3	53.3%	450.5	850.5	74.1%
5	1	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.0	270.5	295.2	1.0	1.0	22.5	22.5	0.0%	901.6	901.6	0.0%
5	2	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.3	271.5	297.4	1.0	1.0	22.5	22.6	0.2%	901.6	904.9	0.3%
5	3	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	0.5	272.5	299.5	1.0	1.0	22.5	22.6	0.4%	901.6	908.2	0.6%
5	4	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	1.5	276.5	308.0	1.0	1.0	22.5	22.8	1.3%	901.6	921.6	1.9%
5	5	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	5.0	290.5	337.7	1.0	1.0	22.5	23.5	4.4%	901.6	968.2	6.4%
5	6	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	10.0	310.5	380.2	1.0	1.0	22.5	24.5	8.9%	901.6	1034.9	12.9%
5	7	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	15.0	330.5	422.7	1.0	1.0	22.5	25.5	13.3%	901.6	1101.6	19.3%
5	8	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	20.0	350.5	465.2	1.0	1.0	22.5	26.5	17.7%	901.6	1168.2	25.8%
5	9	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	25.0	370.5	507.7	1.0	1.0	22.5	27.5	22.2%	901.6	1234.9	32.2%
5	10	6	4 000	1035.0	270.5	295.2	40.1	10.6	30.0	390.5	550.2	1.0	1.0	22.5	28.5	26.6%	901.6	1301.6	38.6%
6	1	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.0	405.8	442.9	1.0	1.0	33.8	33.8	0.0%	1352.6	1352.6	0.0%
6	2	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.3	406.8	445.0	1.0	1.0	33.8	33.9	0.1%	1352.6	1355.9	0.2%
6	3	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	0.5	407.8	447.1	1.0	1.0	33.8	33.9	0.3%	1352.6	1359.3	0.4%
6	4	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	1.5	411.8	455.6	1.0	1.0	33.8	34.1	0.9%	1352.6	1372.6	1.3%
6	5	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	5.0	425.8	485.4	1.0	1.0	33.8	34.8	3.0%	1352.6	1419.3	4.4%
6	6	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	10.0	445.8	527.9	1.0	1.0	33.8	35.8	5.9%	1352.6	1485.9	8.7%



Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
6	7	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	15.0	465.8	570.4	1.0	1.0	33.8	36.8	8.9%	1352.6	1552.6	13.1%
6	8	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	20.0	485.8	612.9	1.0	1.0	33.8	37.8	11.8%	1352.6	1619.3	17.4%
6	9	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	25.0	505.8	655.4	1.0	1.0	33.8	38.8	14.8%	1352.6	1685.9	21.8%
6	10	6	6 000	1530.1	405.8	442.9	60.2	15.9	30.0	525.8	697.9	1.0	1.0	33.8	39.8	17.7%	1352.6	1752.6	26.1%
7	1	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.0	541.1	590.5	1.0	1.0	45.1	45.1	0.0%	1803.6	1803.6	0.0%
7	2	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.3	542.1	592.7	1.0	1.0	45.1	45.1	0.1%	1803.6	1807.0	0.2%
7	3	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	0.5	543.1	594.8	1.0	1.0	45.1	45.2	0.2%	1803.6	1810.3	0.3%
7	4	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	1.5	547.1	603.3	1.0	1.0	45.1	45.4	0.7%	1803.6	1823.6	1.0%
7	5	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	5.0	561.1	633.0	1.0	1.0	45.1	46.1	2.2%	1803.6	1870.3	3.3%
7	6	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	10.0	581.1	675.5	1.0	1.0	45.1	47.1	4.4%	1803.6	1937.0	6.6%
7	7	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	15.0	601.1	718.0	1.0	1.0	45.1	48.1	6.7%	1803.6	2003.6	9.9%
7	8	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	20.0	621.1	760.5	1.0	1.0	45.1	49.1	8.9%	1803.6	2070.3	13.2%
7	9	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	25.0	641.1	803.0	1.0	1.0	45.1	50.1	11.1%	1803.6	2137.0	16.5%
7	10	6	8 000	2025.2	541.1	590.5	80.2	21.2	30.0	661.1	845.5	1.0	1.0	45.1	51.1	13.3%	1803.6	2203.6	19.8%
8	1	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.0	676.4	738.2	1.0	1.0	56.4	56.4	0.0%	2254.7	2254.7	0.0%
8	2	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.3	677.4	740.3	1.0	1.0	56.4	56.4	0.1%	2254.7	2258.0	0.1%
8	3	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	0.5	678.4	742.5	1.0	1.0	56.4	56.5	0.2%	2254.7	2261.3	0.3%
8	4	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	1.5	682.4	751.0	1.0	1.0	56.4	56.7	0.5%	2254.7	2274.7	0.8%
8	5	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	5.0	696.4	780.7	1.0	1.0	56.4	57.4	1.8%	2254.7	2321.3	2.6%
8	6	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	10.0	716.4	823.2	1.0	1.0	56.4	58.4	3.5%	2254.7	2388.0	5.3%
8	7	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	15.0	736.4	865.7	1.0	1.0	56.4	59.4	5.3%	2254.7	2454.7	7.9%
8	8	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	20.0	756.4	908.2	1.0	1.0	56.4	60.4	7.1%	2254.7	2521.3	10.6%
8	9	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	25.0	776.4	950.7	1.0	1.0	56.4	61.4	8.9%	2254.7	2588.0	13.2%
8	10	6	10 000	2520.3	676.4	738.2	100.3	26.6	30.0	796.4	993.2	1.0	1.0	56.4	62.4	10.6%	2254.7	2654.7	15.9%
9	1	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.0	811.7	885.9	1.0	1.0	67.6	67.6	0.0%	2705.7	2705.7	0.0%
9	2	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.3	812.7	888.0	1.0	1.0	67.6	67.7	0.1%	2705.7	2709.1	0.1%
9	3	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	0.5	813.7	890.1	1.0	1.0	67.6	67.7	0.1%	2705.7	2712.4	0.2%
9	4	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	1.5	817.7	898.6	1.0	1.0	67.6	67.9	0.4%	2705.7	2725.7	0.7%

Cenários			Dados referentes a população						Dados referentes a população + lamas FS					Tanque de arejamento					
Pop	V <sub>FS</sub>	Conc.	População	Qmd (m <sup>3</sup> /d)	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Q lamas, m <sup>3</sup> /d	Carga CBO <sub>5</sub> , kg/d	Carga SST, kg/d	Carga NT, kg/d	Carga PT, kg/d	Necessidade de O <sub>2</sub> pop, kgO <sub>2</sub> /h	Necessidade de O <sub>2</sub> FS, kgO <sub>2</sub> /h	Diferença, %	V tanque de arejamento pop, m <sup>3</sup>	V tanque de arejamento FS, m <sup>3</sup>	Diferença, %
9	5	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	5.0	831.7	928.4	1.0	1.0	67.6	68.6	1.5%	2705.7	2772.4	2.2%
9	6	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	10.0	851.7	970.9	1.0	1.0	67.6	69.6	3.0%	2705.7	2839.1	4.4%
9	7	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	15.0	871.7	1013.4	1.0	1.0	67.6	70.6	4.4%	2705.7	2905.7	6.6%
9	8	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	20.0	891.7	1055.9	1.0	1.0	67.6	71.6	5.9%	2705.7	2972.4	8.8%
9	9	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	25.0	911.7	1098.4	1.0	1.0	67.6	72.6	7.4%	2705.7	3039.1	11.1%
9	10	6	12 000	3015.4	811.7	885.9	120.4	31.9	30.0	931.7	1140.9	1.0	1.0	67.6	73.6	8.9%	2705.7	3105.7	13.3%
10	1	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.0	1014.7	1107.3	1.0	1.0	84.6	84.6	0.0%	3382.3	3382.3	0.0%
10	2	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.3	1015.7	1109.5	1.0	1.0	84.6	84.6	0.1%	3382.3	3385.6	0.1%
10	3	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	0.5	1016.7	1111.6	1.0	1.0	84.6	84.7	0.1%	3382.3	3388.9	0.2%
10	4	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	1.5	1020.7	1120.1	1.0	1.0	84.6	84.9	0.4%	3382.3	3402.3	0.5%
10	5	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	5.0	1034.7	1149.8	1.0	1.0	84.6	85.6	1.2%	3382.3	3448.9	1.8%
10	6	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	10.0	1054.7	1192.3	1.0	1.0	84.6	86.6	2.4%	3382.3	3515.6	3.5%
10	7	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	15.0	1074.7	1234.8	1.0	1.0	84.6	87.6	3.5%	3382.3	3582.3	5.3%
10	8	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	20.0	1094.7	1277.3	1.0	1.0	84.6	88.6	4.7%	3382.3	3648.9	7.1%
10	9	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	25.0	1114.7	1319.8	1.0	1.0	84.6	89.6	5.9%	3382.3	3715.6	8.9%
10	10	6	15 000	3758.1	1014.7	1107.3	150.5	39.8	30.0	1134.7	1362.3	1.0	1.0	84.6	90.6	7.1%	3382.3	3782.3	10.6%